

## Глава V

### **ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЯЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ ВЕСА ШТАНГИ НА ВАРИАЦИЮ ТЕХНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЯЖЕЛОАТЛЕТА В СПОРТИВНОМ УПРАЖНЕНИИ «РЫВОК»**

Биомеханический анализ спортивных упражнений выполняется по многим направлениям, но в конечном итоге преследуется цель обоснования рациональности той или иной структуры соревновательного упражнения или эффективности двигательных действий в различных частях анализируемого движения. Такой подход предполагает:

- педагогическое структурирование упражнения по поставленным двигательным задачам в отдельных частях упражнения;
- биомеханическое обоснование выделения отдельных компонентов упражнения в самостоятельные структуры упражнения.

Выделяемые в результате биомеханического анализа самостоятельные структуры упражнения не являются самостоятельно функционирующими структурными образованиями, а являются результатом логически обоснованной дифференциации упражнения на отдельные его части. Подобное дробление упражнения на более мелкие его компоненты вызвано необходимостью биомеханического описания технических действий спортсмена в отдельных частях упражнения. Для целостного восприятия общей картины движения каждой выделяемой части упражнения необходимо придать терминологический статус, определяющий ее педагогическую или биомеханическую содержательно-смысловую направленность.

## 5.1 Педагогическое структурирование упражнения

В рамках выполненного нами исследования, в спортивном тяжелоатлетическом упражнении «Рывок» мы выделяем следующие биомеханически обоснованные структурные компоненты: периоды, стадии, фазы.

По структурным компонентам анализируемое соревновательное (спортивное) упражнение подразделяется на следующие периоды, стадии и фазы:

### **I. Опорный период подготовительных действий – разгон:**

*1 стадия – тяга:*

1 – фаза взаимодействия атлета со штангой до момента ее отделения от помоста;

2 – фаза предварительного разгона.

*2 стадия – подрыв:*

1 – фаза амортизации;

2 – фаза финального разгона.

### **II. Период основных действий – подсед:**

*1 стадия – невесомость:*

1 – фаза уменьшения опорной реакции;

2 – фаза безопорного состояния;

*2 стадия – перегрузка:*

3 – фаза увеличения опорной реакции;

4 – фаза кратковременной динамической осанки в глубоком приседе.

### **III. Период завершающих действий – подъем:**

*1 стадия – динамический подъем:*

1 – фаза подъема;

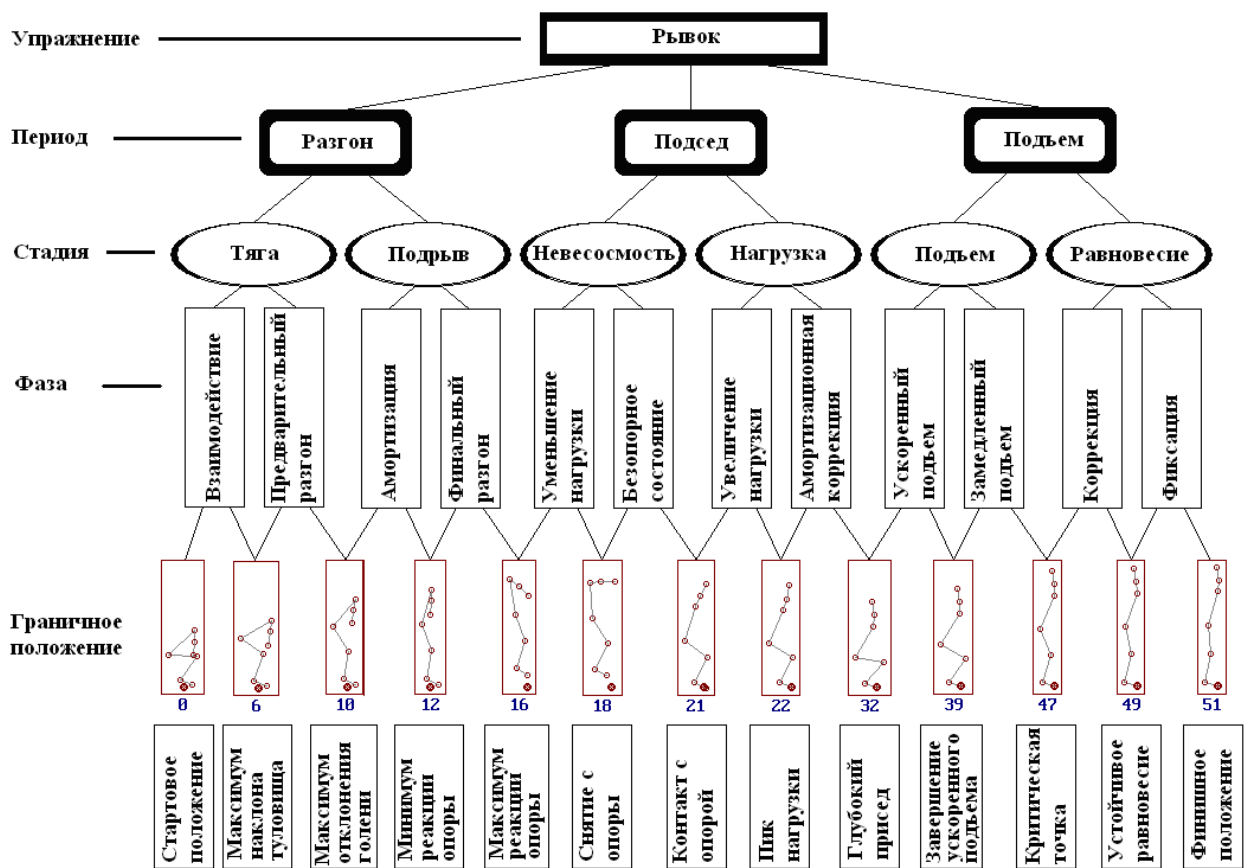
2 – фаза принятия рабочего положения.

*2 стадия – статическое равновесие:*

1 – фаза коррекции;

2 – фаза реализации статического равновесия – фиксация.

Структурную схему расчленения упражнения по педагогическому принципу решения двигательных задач в биомеханической трактовке можно представить схематично (рисунок 5.1).



**Рисунок 5.1 – Педагогическое структурирование соревновательного упражнения «Рывок» в тяжелой атлетике**

В отличие от традиционно принятых схем структурирования спортивных упражнений в нашей модели четко выражены фазовые переходы с указанием граничных положений, отделяющих одну фазу упражнения от другой (таблицы 5.1–5.3). Понятно, что конкретные числовые данные граничных положений у других атлетов будут иными, но общая схема структуры движения изменяться не будет. Введение новых элементов структуры потребовало разработки и дополнительного терминологического аппарата, базирующегося на терминах теории и методики физического воспитания, тяжелой атлетики, биомеханики.

Таблица 5.1 – Фазы и граничное положение периода «Разгон»  
упражнения «Рывок»

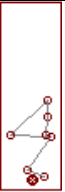








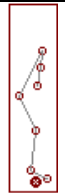

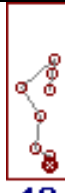
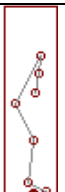


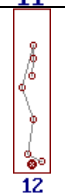
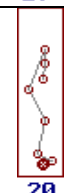
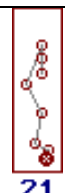
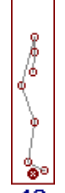


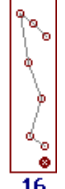


Фаза	Граничное положение	Вес штанги		
		А (70 кг)	В (100 кг)	С (140 кг)
Взаимодействие	Стартовое положение	 <p>-94° - руки 42° - туловище 176° - бедро 55° - голень 159° - стопа</p> <p><b>8</b></p>	 <p>-98° - руки 47° - туловище 185° - бедро 59° - голень 160° - стопа</p> <p><b>8</b></p>	 <p>-90° - руки 51° - туловище 188° - бедро 54° - голень 153° - стопа</p> <p><b>8</b></p>
	Максимум наклона туловища	 <p>-96° - руки 31° - туловище 146° - бедро 70° - голень 159° - стопа</p> <p><b>6</b></p>	 <p>-99° - руки 24° - туловище 142° - бедро 74° - голень 160° - стопа</p> <p><b>13</b></p>	 <p>-97° - руки 24° - туловище 139° - бедро 74° - голень 154° - стопа</p> <p><b>13</b></p>
Предварительный разгон	Максимум наклона туловища	 <p>-96° - руки 31° - туловище 146° - бедро 70° - голень 159° - стопа</p> <p><b>6</b></p>	 <p>-99° - руки 24° - туловище 142° - бедро 74° - голень 160° - стопа</p> <p><b>13</b></p>	 <p>-97° - руки 24° - туловище 139° - бедро 74° - голень 154° - стопа</p> <p><b>13</b></p>
	Максимум отклонения голени	 <p>-97° - руки 63° - туловище 116° - бедро 82° - голень 154° - стопа</p> <p><b>11</b></p>	 <p>-102° - руки 37° - туловище 128° - бедро 82° - голень 161° - стопа</p> <p><b>17</b></p>	 <p>-97° - руки 40° - туловище 127° - бедро 81° - голень 154° - стопа</p> <p><b>18</b></p>
Амортизация	Максимум отклонения голени	 <p>-97° - руки 63° - туловище 116° - бедро 82° - голень 154° - стопа</p> <p><b>11</b></p>	 <p>-102° - руки 37° - туловище 128° - бедро 82° - голень 161° - стопа</p> <p><b>17</b></p>	 <p>-97° - руки 40° - туловище 127° - бедро 81° - голень 154° - стопа</p> <p><b>18</b></p>
	Минимум реакции опоры	 <p>-92° - руки 73° - туловище 111° - бедро 81° - голень 151° - стопа</p> <p><b>12</b></p>	 <p>-93° - руки 68° - туловище 116° - бедро 80° - голень 155° - стопа</p> <p><b>20</b></p>	 <p>-88° - руки 71° - туловище 117° - бедро 77° - голень 150° - стопа</p> <p><b>21</b></p>
Финальный разгон	Минимум реакции опоры	 <p>-92° - руки 73° - туловище 111° - бедро 81° - голень 151° - стопа</p> <p><b>12</b></p>	 <p>-93° - руки 68° - туловище 116° - бедро 80° - голень 155° - стопа</p> <p><b>20</b></p>	 <p>-88° - руки 71° - туловище 117° - бедро 77° - голень 150° - стопа</p> <p><b>21</b></p>
	Максимум реакции опоры	 <p>-40° - руки 100° - туловище 110° - бедро 72° - голень 146° - стопа</p> <p><b>16</b></p>	 <p>-52° - руки 104° - туловище 109° - бедро 77° - голень 144° - стопа</p> <p><b>24</b></p>	 <p>-52° - руки 107° - туловище 109° - бедро 76° - голень 146° - стопа</p> <p><b>25</b></p>

Таблица 5.2 – Фазы и граничное положение периода «Подсед»  
упражнения «Рывок»




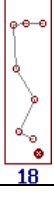


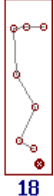

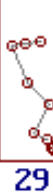









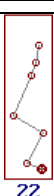

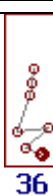












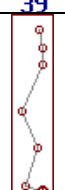


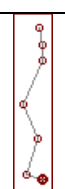


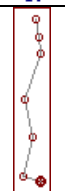
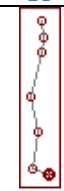
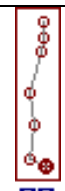
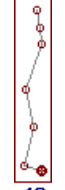
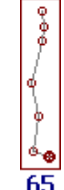
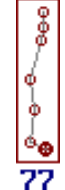
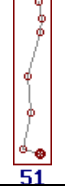
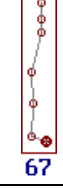
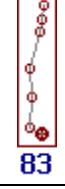
Фаза	Граничное положение	Вес штанги		
		А (70 кг)	В (100 кг)	С (140 кг)
Уменьшение нагрузки	Максимум реакции опоры	 -40 <sup>0</sup> - руки 100 <sup>0</sup> - туловище 110 <sup>0</sup> - бедро 72 <sup>0</sup> - голень 146 <sup>0</sup> - стопа <b>16</b>	 -52 <sup>0</sup> - руки 104 <sup>0</sup> - туловище 109 <sup>0</sup> - бедро 77 <sup>0</sup> - голень 144 <sup>0</sup> - стопа <b>24</b>	 -52 <sup>0</sup> - руки 107 <sup>0</sup> - туловище 109 <sup>0</sup> - бедро 76 <sup>0</sup> - голень 146 <sup>0</sup> - стопа <b>25</b>
	Снятие с опоры	 4 <sup>0</sup> - руки 95 <sup>0</sup> - туловище 121 <sup>0</sup> - бедро 65 <sup>0</sup> - голень 151 <sup>0</sup> - стопа <b>18</b>	 2 <sup>0</sup> - руки 99 <sup>0</sup> - туловище 131 <sup>0</sup> - бедро 70 <sup>0</sup> - голень 147 <sup>0</sup> - стопа <b>27</b>	 9 <sup>0</sup> - руки 110 <sup>0</sup> - туловище 138 <sup>0</sup> - бедро 62 <sup>0</sup> - голень 152 <sup>0</sup> - стопа <b>29</b>
Безопасное состояние	Снятие с опоры	 4 <sup>0</sup> - руки 95 <sup>0</sup> - туловище 121 <sup>0</sup> - бедро 65 <sup>0</sup> - голень 151 <sup>0</sup> - стопа <b>18</b>	 2 <sup>0</sup> - руки 99 <sup>0</sup> - туловище 131 <sup>0</sup> - бедро 70 <sup>0</sup> - голень 147 <sup>0</sup> - стопа <b>27</b>	 9 <sup>0</sup> - руки 110 <sup>0</sup> - туловище 138 <sup>0</sup> - бедро 62 <sup>0</sup> - голень 152 <sup>0</sup> - стопа <b>29</b>
	Контакт с опорой	 63 <sup>0</sup> - руки 73 <sup>0</sup> - туловище 143 <sup>0</sup> - бедро 62 <sup>0</sup> - голень 158 <sup>0</sup> - стопа <b>21</b>	 58 <sup>0</sup> - руки 76 <sup>0</sup> - туловище 157 <sup>0</sup> - бедро 65 <sup>0</sup> - голень 155 <sup>0</sup> - стопа <b>30</b>	 40 <sup>0</sup> - руки 100 <sup>0</sup> - туловище 160 <sup>0</sup> - бедро 54 <sup>0</sup> - голень 156 <sup>0</sup> - стопа <b>31</b>
Увеличение нагрузки	Контакт с опорой	 63 <sup>0</sup> - руки 73 <sup>0</sup> - туловище 143 <sup>0</sup> - бедро 62 <sup>0</sup> - голень 158 <sup>0</sup> - стопа <b>21</b>	 58 <sup>0</sup> - руки 76 <sup>0</sup> - туловище 157 <sup>0</sup> - бедро 65 <sup>0</sup> - голень 155 <sup>0</sup> - стопа <b>30</b>	 40 <sup>0</sup> - руки 100 <sup>0</sup> - туловище 160 <sup>0</sup> - бедро 54 <sup>0</sup> - голень 156 <sup>0</sup> - стопа <b>31</b>
	Пик мышечной нагрузки (коленные суставы)	 77 <sup>0</sup> - руки 66 <sup>0</sup> - туловище 149 <sup>0</sup> - бедро 62 <sup>0</sup> - голень 160 <sup>0</sup> - стопа <b>22</b>	 82 <sup>0</sup> - руки 64 <sup>0</sup> - туловище 167 <sup>0</sup> - бедро 64 <sup>0</sup> - голень 159 <sup>0</sup> - стопа <b>32</b>	 82 <sup>0</sup> - руки 72 <sup>0</sup> - туловище 187 <sup>0</sup> - бедро 46 <sup>0</sup> - голень 158 <sup>0</sup> - стопа <b>36</b>
Амортизационная коррекция	Пик мышечной нагрузки (коленные суставы)	 77 <sup>0</sup> - руки 66 <sup>0</sup> - туловище 149 <sup>0</sup> - бедро 62 <sup>0</sup> - голень 160 <sup>0</sup> - стопа <b>22</b>	 82 <sup>0</sup> - руки 64 <sup>0</sup> - туловище 167 <sup>0</sup> - бедро 64 <sup>0</sup> - голень 159 <sup>0</sup> - стопа <b>32</b>	 82 <sup>0</sup> - руки 72 <sup>0</sup> - туловище 187 <sup>0</sup> - бедро 46 <sup>0</sup> - голень 158 <sup>0</sup> - стопа <b>36</b>
	Глубокий присед	 94 <sup>0</sup> - руки 60 <sup>0</sup> - туловище 172 <sup>0</sup> - бедро 48 <sup>0</sup> - голень 161 <sup>0</sup> - стопа <b>32</b>	 95 <sup>0</sup> - руки 63 <sup>0</sup> - туловище 174 <sup>0</sup> - бедро 53 <sup>0</sup> - голень 159 <sup>0</sup> - стопа <b>38</b>	 85 <sup>0</sup> - руки 70 <sup>0</sup> - туловище 186 <sup>0</sup> - бедро 43 <sup>0</sup> - голень 158 <sup>0</sup> - стопа <b>39</b>

Таблица 5.3 – Фазы и граничное положение периода «Подъем»  
упражнения «Рывок»

Фаза	Граничное положение	Вес штанги		
		А (70 кг)	В (100 кг)	С (140 кг)
Ускоренный подъем	Глубокий присед	 32	 38	 39
	Завершение ускоренного подъема	 39	 44	 53
Замедленный подъем	Ускоренный подъем	 39	 44	 53
	Критическая точка	 47	 59	 69
Коррекция	Критическая точка	 47	 59	 69
	Устойчивое равновесие	 49	 65	 77
Фиксация	Устойчивое равновесие	 49	 65	 77
	Финишное положение	 51	 67	 83

Биомеханическая трактовка членения упражнения подразумевала выделение компонентного состава упражнения по управляющим действиям спортсмена в суставах для решения двигательных задач и определение биомеханически обоснованных границ фазового перехода по программам места, ориентации и позы атлета. Наиболее мелкая структурная единица в рассматриваемой схеме – фаза. Фаза представляет собой, как самостоятельный компонент педагогического решения двигательной задачи, так и детерминированный компонент биомеханического решения целевой направленности движения.

Объединение нескольких фаз в стадии несет содержательно-смысловую нагрузку совершенствования техники упражнения по принципу интегрирования в одно целостное движение нескольких фазовых структур. Наиболее крупными структурными агрегатами в рассматриваемой схеме являются периоды, объединяющие, как стадии, так и фазовые компоненты упражнения.

Несомненно, что вариации веса поднимаемой штанги оказывают влияние на адаптацию спортивной техники под величину отягощения. Период «Подсед» характеризуется тем, что при выполнении упражнения с малым или средним весом, на стадии «Невесомость» возникает ярко выраженное снижение силы реакции опоры, вплоть до нулевого значения вертикальной составляющей опорной реакции в фазе «Невесомость» и возникновение безопорного состояния. В то же время выполнение упражнений с максимальным весом не позволяет достичь нулевого значения вертикальной составляющей силы реакции опоры, и фаза безопорного состояния отсутствует. По-видимому, в результате отсутствия в упражнении с максимальным весом фазы безопорного состояния изменятся и параметры дальнейших технических действий спортсмена, необходимых для выполнения фазы «Увеличение нагрузки».

Предварительно выполненные исследования показали, что в упражнениях с малым и средним весом нет глубокого приседа, и поэтому эти разновидности упражнения нельзя расчленить на части, не разорвав их целостную структуру. В упражнении с максимальным весом присутствует поза глубокого приседа. Принять положение глубокого приседа можно, не

выполняя соревновательного упражнения, и тем самым безболезненно расчленив соревновательное упражнение на две крупные части в качестве самостоятельных спортивных упражнений: двигательные действия до и после глубокого приседа. Но оказывает ли подобное освоение заключительного периода упражнения повышение или понижение мышечной нагрузки на опорно-двигательный аппарат нижних конечностей? Остается ли в этом случае техническая основа подъема без изменений? Остается ли их количественный состав без изменений в фазовых компонентах упражнений, являются ли параметрические критерии граничных положений постоянными или они меняются соответственно изменяющемуся весу поднимаемой штанги? Поэтому изучение проблемы о параметрической перестройке технической основы упражнения «рывок» при выполнении упражнения с малым, средним и максимальным весом актуально.

Рассмотрим на примере спортсмена высокого класса (мастер спорта РБ) параметрические особенности структурной перестройки техники соревновательного упражнения «Рывок» в зависимости от изменения весовых значений поднимаемой штанги.

Видеосъемка и расчет выполнен и описан в приложении «Технология проведения биохимического анализа» с использованием компьютерной программы «Анализ и промер». В качестве моделируемого упражнения рассматривалось соревновательное тяжелоатлетическое упражнение «Рывок». Вариации весовых параметров штанги включали три пункта: 70 кг – малый вес, 100 кг – средний вес, 140 кг – максимальный вес.

Длительность между кадровым интервалом времени составляла 0,043 с. За обобщенные координаты принимались углы наклона звеньев биомеханической системы к оси  $Ox$  декартовой системы координат. Если звено совпадало с осью  $Ox$  и располагалось в положительной области числовой оси, то угол между звеном и осью  $Ox$  составлял  $0^\circ$ . При вертикальном расположении звена над опорой (суставом) обобщенная координата звена равнялась  $90^\circ$ . При вертикальном расположении звена под суставом обобщенная координата звена равнялась  $270^\circ$  или  $-90^\circ$ , в зависимости от предыдущего рассматриваемого положения (в исходном положении  $-90^\circ$ ).



Величина суставных углов между звеньями тела атлета вычислялась по значениям обобщенных координат и при полном разгибании в суставе, когда звенья тела располагались на одной прямой, принималась за  $180^\circ$ . Величина изменения угла в суставах описывалась с помощью переменных (таблица 5.1).

Таблица 5.4 – **Обозначения суставных углов и обобщенных координат звеньев тела тяжелоатлета**

№	Угол в суставах	Обобщенная координата
1	$\gamma$ – угол в голеностопных суставах	$\varphi_1$ – обобщенная координата стоп
2	$\chi$ – угол в коленных суставах	$\varphi_2$ – обобщенная координата голени
3	$\beta$ – угол в тазобедренных суставах	$\varphi_3$ – обобщенная координата бедра
4	$\alpha$ – угол в плечевых суставах	$\varphi_4$ – обобщенная координата туловища
5		$\varphi_5$ – обобщенная координата рук

Так как сгибательно-разгибательные движения в различных суставах не совпадали по направлению в синергетических движениях, то вычисление суставных углов выполнялось по формулам:

$$\begin{aligned}
 \gamma &= \varphi_1 - \varphi_2; \\
 \chi &= 180 + \varphi_2 - \varphi_3; \\
 \beta &= 180 + \varphi_4 - \varphi_3; \\
 \alpha &= 180 + \varphi_5 - \varphi_4.
 \end{aligned}
 \tag{5.1}$$

Если вращение звена происходило против движения часовой стрелки, то рассматриваемое угловое перемещение принималось со знаком «+» и знак перед числовым значением перемещения не ставился. Если перемещение звена совпадало по направлению с движением часовой стрелки, то такое перемещение считалось отрицательным и перед числовым значением перемещения ставился знак «-».

## **5.2 Параметры биомеханических характеристик периода «Разгон» (первый период упражнения)**

Во всех трех вариантах веса поднимаемой штанги отмечается прямая зависимость длительности выполнения упражнения в зависимости от веса поднимаемой штанги. Упражнение с весом штанги 70 кг выполнялось в течение 2,193 с, а длительность разгона составляла 0,688 с. Для упражне-

ния, с весом штанги 100 кг, эти показатели соответственно равны: 2,881 с и 1,032 с. Длительность выполнения упражнения с максимальным весом штанги (140 кг) составила 3,569 с, а первый период – 1,075 с.

«Разгон» включает две опорные стадии: тягу и подрыв. Каждая из стадий состоит из двух фаз, реализующих кинематическую структуру таких управляющих движений в суставах, которая позволяет штанге достичь максимальной вертикальной скорости перемещения в момент входа во второй период упражнения.

### 5.2.1 Стадия «Тяга»

Двигательная задача стадии – создать кинематические условия туловищу для его ускоренного разгибания в стадии «Подрыв» с целью приобретения максимальной линейной скорости штанги по вертикали.

Для решения этой задачи используются два механизма:



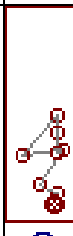


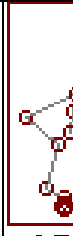
1. Реализация высокоамплитудного разгибательного движения туловищем за счет оптимально принятой исходной позы.
2. Предварительное динамическое нагружение мышц нижних конечностей с использованием механизма кинетической энергии падающего тела, для дальнейшего ускоренного мышечного сокращения.

Первый механизм реализуется в двух фазах стадии «Тяга»: «Взаимодействие» и «Предварительный разгон».

*Фаза «Взаимодействие».* Исходное положение спортсмена при выполнении соревновательного упражнения (расстановка стоп ног, захват кистями рук грифа штанги и т. п.) широко и подробно описывается в специальной литературе [18; 79; 84]. Нас в первую очередь интересует биомеханическая характеристика звеньев тела спортсмена в стартовом положении при выполнении упражнения с тремя различными весами штанги. Для сравнения на рисунке 5.1 приведены исходные положения и обобщенные координаты звеньев тела спортсмена при выполнении упражнения с весом штанги 70 кг, 100 кг, 140 кг.

В стартовом положении (таблица 5.5) при выполнении упражнения с малым весом (70 кг) таз спортсмена несколько приподнят относительно положений при выполнении упражнений с весом штанги 100 и 140 кг.

Таблица 5.5 – Ориентация звеньев тела тяжелоатлета в граничных положениях фазы «Взаимодействие» в упражнении «Рывок»

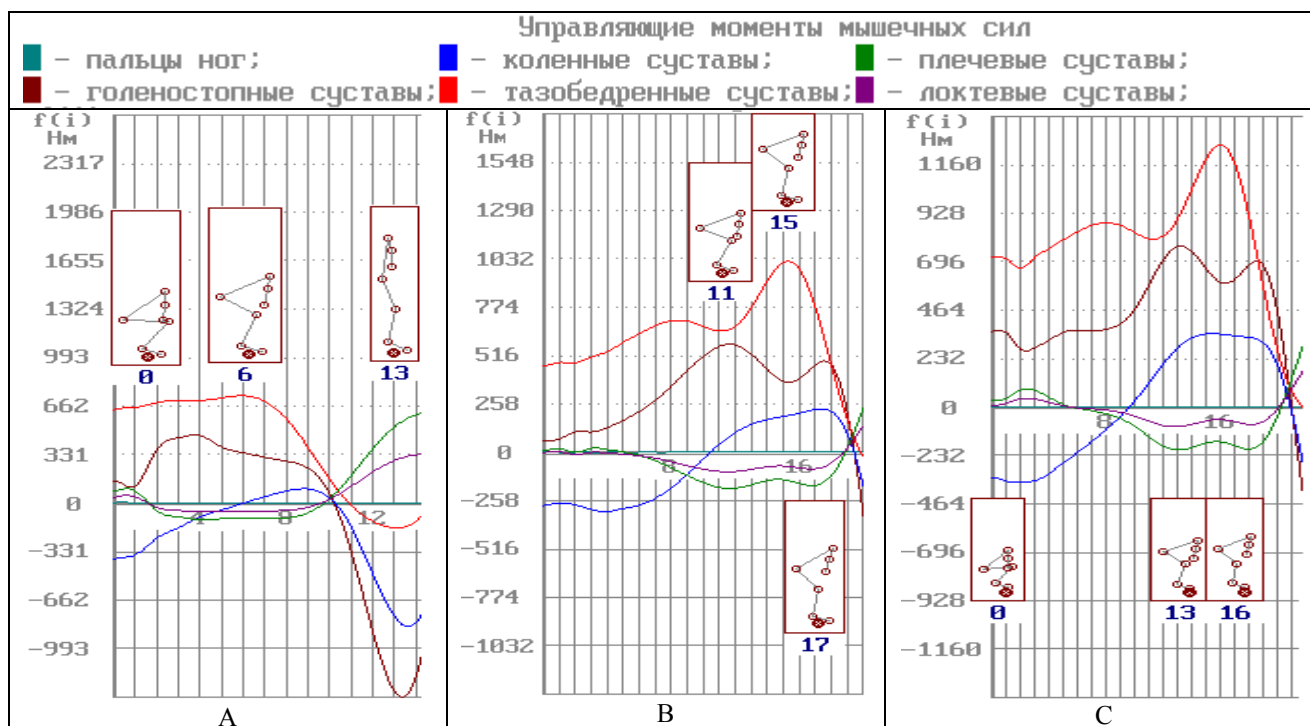
Фаза	Граничное положение	Вес штанги		
		А (70 кг)	В (100 кг)	С (140 кг)
Взаимодействие	Стартовое положение	 <ul style="list-style-type: none"> <li>-94° - руки</li> <li>42° - туловище</li> <li>176° - бедро</li> <li>55° - голень</li> <li>159° - стопа</li> <li>αпл = 44°</li> <li>βтаз = 46°</li> <li>χкол = 59°</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>8</b></p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>-98° - руки</li> <li>47° - туловище</li> <li>185° - бедро</li> <li>59° - голень</li> <li>160° - стопа</li> <li>αпл = 35°</li> <li>βтаз = 42°</li> <li>χкол = 54°</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>8</b></p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>-90° - руки</li> <li>51° - туловище</li> <li>188° - бедро</li> <li>54° - голень</li> <li>153° - стопа</li> <li>αпл = 39°</li> <li>βтаз = 43°</li> <li>χкол = 46°</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>8</b></p>
	Максимум наклона туловища	 <ul style="list-style-type: none"> <li>-96° - руки</li> <li>31° - туловище</li> <li>146° - бедро</li> <li>70° - голень</li> <li>159° - стопа</li> <li>αпл = 53°</li> <li>βтаз = 65°</li> <li>χкол = 104°</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>6</b></p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>-99° - руки</li> <li>24° - туловище</li> <li>142° - бедро</li> <li>74° - голень</li> <li>160° - стопа</li> <li>αпл = 57°</li> <li>βтаз = 62°</li> <li>χкол = 112°</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>13</b></p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>-97° - руки</li> <li>24° - туловище</li> <li>139° - бедро</li> <li>74° - голень</li> <li>154° - стопа</li> <li>αпл = 59°</li> <li>βтаз = 65°</li> <li>χкол = 115°</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>13</b></p>
Амплитуда перемещения звеньев и изменения суставных углов		<ul style="list-style-type: none"> <li>-2° - руки</li> <li>-11° - туловище</li> <li>-30° - бедро</li> <li>15° - голень</li> <li>0° - стопа</li> <li>α = 9°</li> <li>β = 19°</li> <li>χ = 45°</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-1° - руки</li> <li>-23° - туловище</li> <li>-43° - бедро</li> <li>15° - голень</li> <li>0° - стопа</li> <li>α = 22°</li> <li>β = 20°</li> <li>χ = 58°</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-7° - руки</li> <li>-27° - туловище</li> <li>-49° - бедро</li> <li>20° - голень</li> <li>1° - стопа</li> <li>α = 20°</li> <li>β = 22°</li> <li>χ = 69°</li> </ul>

Приподнятое положение таза в стартовом положении при выполнении упражнения (А) формируется за счет большего угла в коленных суставах (59°) по сравнению с углом в коленных суставах в двух других упражнениях (В – 54°, С – 46°). В то же время угол между бедром и туловищем в упражнениях А, В, С незначительно отличается по величине (46°, 42°, 43°). Поэтому низкое расположение тазобедренных суставов относительно коленных суставов в упражнениях с более тяжелой поднимаемой штангой обеспечивает более приподнятое исходное положение туловища в упражнениях В, С по сравнению с упражнением А. Сознательная ли это реакция спортсмена на увеличенный вес поднимаемой штанги? обосно-

ванно ли биомеханическими причинами такое различие в исходных положениях в упражнениях с различным поднимаемым весом?

Для ответа на этот вопрос обратимся к анализу пространственной структуры граничного положения «Максимум наклона туловища» фазы «Взаимодействие». Критерий граничного положения – максимальный наклон туловища, определяемый по наименьшему показателю обобщенной координаты туловища.

Граничное положение «Максимум наклона туловища» варьирует для всех упражнений по всем звеньям тела в пределах  $0^{\circ} \div 7^{\circ}$  (таблица 5.5). Различия несущественны. Однако амплитуда перемещения звеньев биосистемы из предшествующего граничного положения к рассматриваемому положению значительно отличается. Бедра совершают наибольшее угловое перемещение, вращаясь по движению часовой стрелки от  $30^{\circ}$  (рисунок 5.5 А) и увеличивая поворот в упражнениях В, С соответственно до  $43^{\circ}$  и  $49^{\circ}$ . Аналогичная закономерность отмечается во вращательном движении туловища: с увеличением поднимаемого веса увеличивается угол поворота туловища от  $11^{\circ}$  (упражнение А) до  $23^{\circ}$  (упражнение В) и  $27^{\circ}$  (упражнение С). Более того, обращает на себя внимание и тот факт, что в этой фазе упражнения руки совершают поворот по часовой стрелке ( $1^{\circ} \div 7^{\circ}$ ). Поэтому для обеспечения жесткой структуры кинематической цепи (руки, туловище, бедра) дистальных звеньев тела спортсмена необходимо развить мышечные усилия в тазобедренных суставах (рисунок 5.2), противодействующие как весу туловища, так и весу рук и штанги.



**Рисунок 5.2 – Управляющие моменты мышечных сил в суставах тяжелоатлета при подъеме штанги весом 70 кг (А), 100 кг (В), 140 кг (С) в упражнении «Рывок» (стадия «Тяга»)**

Тяга мышц разгибателей тазобедренных суставов в этой фазе упражнения (линия обозначена красным цветом: рисунок 5.2 А, кадры 0–6; рисунок 5.2 В, кадры 0–13; рисунок 5.2 С, кадры 0–13) предотвращает «схлопывание» спортсмена в тазобедренных суставах, обеспечивая не только пространственную фиксацию туловища, но и дальнейшее его разгибательное вращение к вертикальному положению. Следует отметить, что развиваемые усилия мышц задней поверхности спины и бедер весьма и весьма значительны, а с увеличением веса поднимаемой штанги увеличивается и величина развиваемой мышечной тяги. Если с весом штанги в 70 кг развиваемые моменты мышечных сил в тазобедренных суставах достигают 660 Нм (рисунок 5.2 А, кадры 0–6), то с весом штанги в 100 кг увеличиваются до 770 Нм (рисунок 5.2 В, кадры 0–13). Тем более с весом штанги 140 кг атлет развивает мышечные усилия, превосходящие на отметке завершения фазы 900 Нм (рисунок 5.2 С, кадры 0–13).

Создание эффекта вращения треугольника (руки, туловище, бедра) относительно коленных суставов в направлении хода часовой стрелки и

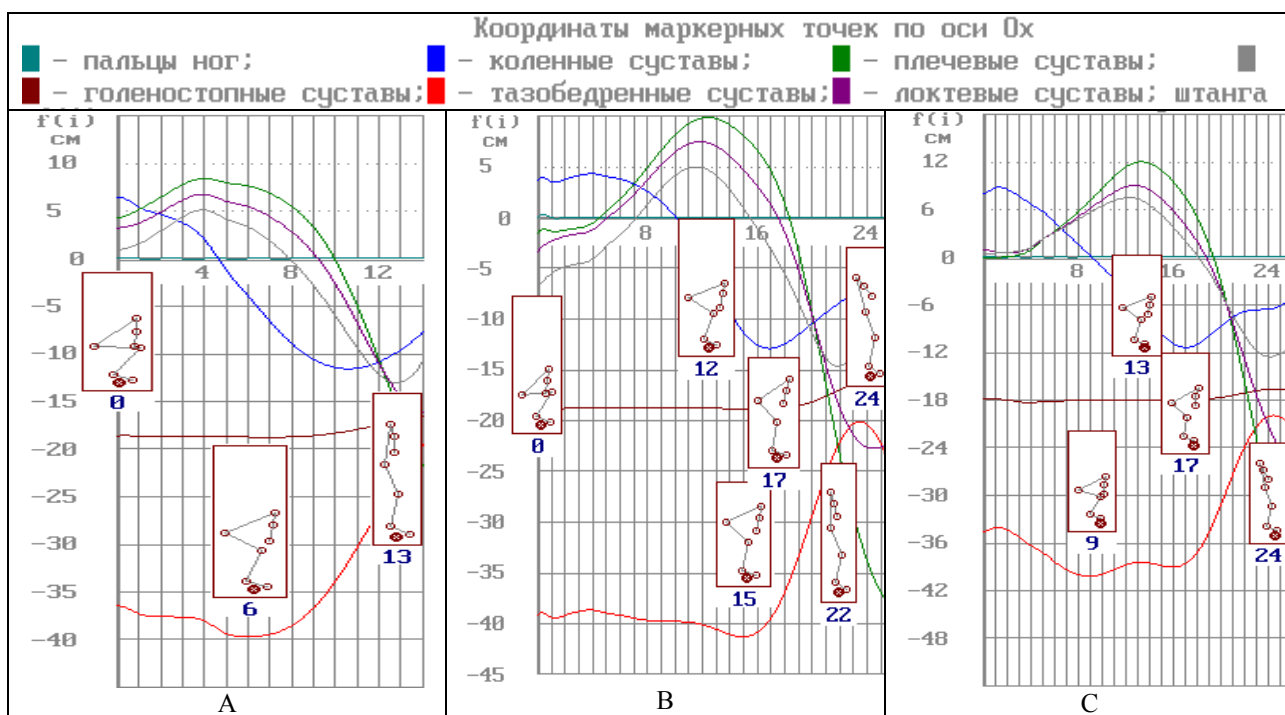
соответственно поднимание таза в вертикальном направлении от опоры обеспечивается мышцами разгибателями коленных суставов в упражнении с весом 70 кг на протяжении всей фазы «Взаимодействие». Величина развиваемых моментов мышечных сил имеет тенденцию снижения в пределах  $-350 \text{ Нм} \div 0 \text{ Нм}$  и, начиная с достижения граничного положения «Максимальный наклон туловища», происходит переключение с работы мышц разгибателей на работу мышц сгибателей коленных суставов.

В упражнениях с весом штанги 100 кг и 140 кг направленность мышечных усилий в коленных суставах в фазе «Взаимодействие» аналогична направленности тяги мышц в упражнении с весом 70 кг лишь на протяжении  $3/4$  наклона туловища вперед. Величина мышечных усилий, реализующих разгибательное движение в коленных суставах тяжелоатлета, практически не меняется в упражнениях с различным весом штанги (рисунок 5.2 В, рисунок 5.2 С, кадры 0–13), но по абсолютной максимальной величине значительно меньше (в 2-3 раза), чем в тазобедренных суставах.

В еще меньшей значимости по величине управляющих моментов мышечных сил развиваются мышечные усилия в плечевых суставах в этой фазе упражнения в диапазоне  $-100 \text{ Нм} \div -200 \text{ Нм}$  (рисунок 5.2 А, кадры 0–6; рисунок 5.2 В, кадры 0–13; рисунок 5.2 С, кадры 0–13). Атлет старается в это время, судя по направленности приложения мышечных усилий, прижать штангу к ногам, развивая с этой целью минимальные мышечные усилия в плечевых суставах.

Отметим, что направленность вращения рук в этой фазе упражнения соответствует направлению вращения часовой стрелки. Фактически это означает, что руки (когда осью вращения являются плечевые суставы) вращаются против действия момента силы тяжести, но не в направлении последующего в дальнейшем разгибательного движения рук в плечевых суставах, а в противоположном направлении. Это можно сравнить с маятником, расположенным внизу относительно точки опоры, и выведенным из состояния равновесия. Для выведения маятника из состояния равновесия необходимо приложить внешнюю силу. По отношению к штанге этой силой является управляющий момент мышечных сил в плечевых суставах.

Анализ координатного расположения маркерных точек (рисунок 5.3) положения плечевых суставов (зеленая линия) и грифа штанги (серая линия) позволяет сделать вывод о том, что на всей траектории движения штанги в стадии «Тяга» штанга расположена в отрицательной области числовой оси  $Ox$  относительно координат плечевых суставов, а радиус-вектор продольной оси рук ориентирован на угол, превышающий  $90^\circ$ .



**Рисунок 5.3 – Координаты маркерных точек тяжелоатлета по оси  $Ox$ , при подъеме штанги весом 70 кг (А), 100 кг (В), 140 кг (С) в упражнении «Рывок» (стадии «Тяга», «Подрыв»)**

Следовательно, атлет для удержания штанги в этом положении и противодействия моменту силы тяжести прикладывает мышечные усилия в плечевых суставах в направлении сближения штанги с ногами. В дальнейшем, при смене направленности приложения мышечных усилий в плечевых суставах в следующей фазе движений, это позволит перевести маятник вращения рук в направлении разгибательного движения в плечевых суставах. Руки, уже имея определенный набор угловой скорости в момент прохождения вертикального положения под осью плечевых суставов, создают рациональные биомеханические условия для дальнейшего приобретения штангой вращательного движения, а следовательно, увеличения кинетической энергии штанги (рисунок 5.4).

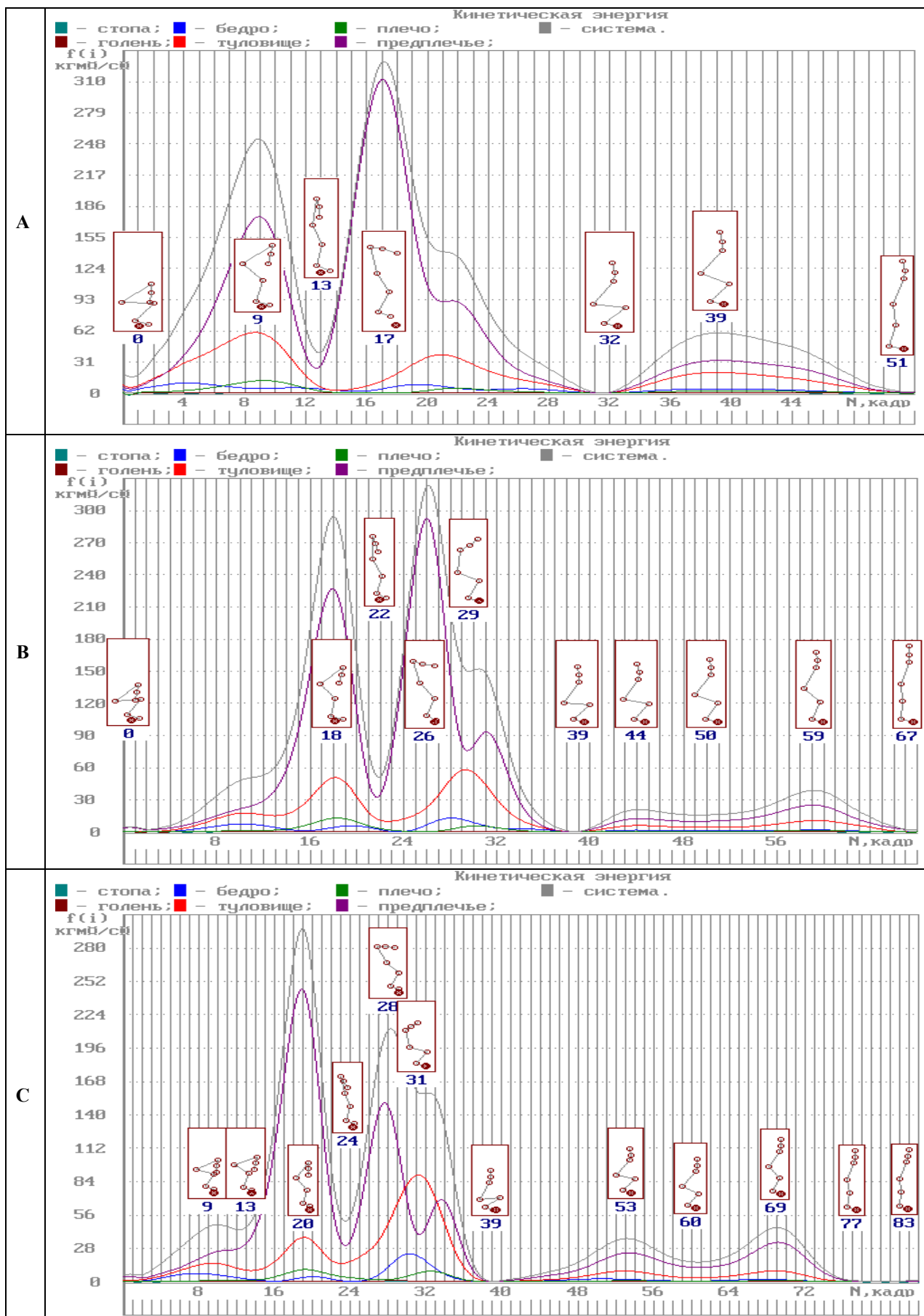


Рисунок 5.4 – Кинетическая энергия звеньев тела тяжелоатлета и системы «штанга – спортсмен» при подъеме штанги весом 70 кг (А), 100 кг (В), 140 кг (С) в упражнении «Рывок»



Первый пик кинетической энергии приобретается в фазе «Предварительный разгон» (таблица 5.6) на первоначальном этапе положительного маятникообразного перемещения штанги из крайнего положения относительно плечевых суставов в сторону вращения часовых стрелок. Для упражнения с весом штанги равным 70 кг этому моменту времени соответствует положение рук атлета близкое к их вертикальному расположению внизу (рисунок 5.4 А, кадр 9). Для упражнения с весом штанги 100 кг и 140 кг это будут аналогичные положения (рисунок 5.4 В, кадр 18, рисунок 5.4 С, кадр 20).

**Таблица 5.6 – Ориентация звеньев тела тяжелоатлета в граничных положениях фазы «Предварительный разгон» в упражнении «Рывок»**

Фаза	Граничное положение	Вес штанги		
		А(70 кг)	В (100 кг)	С(140 кг)
Предварительный разгон	Максимум наклона туловища	<ul style="list-style-type: none"> <li>-96<sup>0</sup> - руки</li> <li>31<sup>0</sup> - туловище</li> <li>146<sup>0</sup> - бедро</li> <li>70<sup>0</sup> - голень</li> <li>159<sup>0</sup> - стопа</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>6</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-99<sup>0</sup> - руки</li> <li>24<sup>0</sup> - туловище</li> <li>142<sup>0</sup> - бедро</li> <li>74<sup>0</sup> - голень</li> <li>160<sup>0</sup> - стопа</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>13</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-97<sup>0</sup> - руки</li> <li>24<sup>0</sup> - туловище</li> <li>139<sup>0</sup> - бедро</li> <li>74<sup>0</sup> - голень</li> <li>154<sup>0</sup> - стопа</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>13</b></p>
	Максимум отклонения голени	<ul style="list-style-type: none"> <li>-97<sup>0</sup> - руки</li> <li>63<sup>0</sup> - туловище</li> <li>116<sup>0</sup> - бедро</li> <li>82<sup>0</sup> - голень</li> <li>154<sup>0</sup> - стопа</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>11</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-102<sup>0</sup> - руки</li> <li>37<sup>0</sup> - туловище</li> <li>128<sup>0</sup> - бедро</li> <li>82<sup>0</sup> - голень</li> <li>161<sup>0</sup> - стопа</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>17</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-97<sup>0</sup> - руки</li> <li>40<sup>0</sup> - туловище</li> <li>127<sup>0</sup> - бедро</li> <li>81<sup>0</sup> - голень</li> <li>154<sup>0</sup> - стопа</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>18</b></p>
Амплитуда перемещения звеньев		<ul style="list-style-type: none"> <li>-1<sup>0</sup> - руки</li> <li>32<sup>0</sup> - туловище</li> <li>-30<sup>0</sup> - бедро</li> <li>12<sup>0</sup> - голень</li> <li>-5<sup>0</sup> - стопа</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-3<sup>0</sup> - руки</li> <li>13<sup>0</sup> - туловище</li> <li>-14<sup>0</sup> - бедро</li> <li>8<sup>0</sup> - голень</li> <li>1<sup>0</sup> - стопа</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-0<sup>0</sup> - руки</li> <li>16<sup>0</sup> - туловище</li> <li>-12<sup>0</sup> - бедро</li> <li>7<sup>0</sup> - голень</li> <li>0<sup>0</sup> - стопа</li> </ul>

Более 80 % кинетической энергии системы «спортсмен – штанга» приобретаются не в силу вращательного движения рук относительно оси плечевых суставов, а в силу линейного перемещения ОЦМ тела спортсмена и штанги в вертикальном направлении вверх (рисунок 5.5). Доказательством этому является наибольшая величина вертикальной составляющей линейной скорости штанги именно кадров 9, 18, 20 (рисунок 5.5) для

упражнений А, В, С соответственно. Угловая скорость рук (плечо, предплечье) для этих кадров упражнений в это время незначительно отличается от нуля (рисунок 5.6 А, В, С; кадры 9, 18, 20), что и свидетельствует о наиболее значительном вкладе в накопление энергии движения именно вертикальной составляющей линейного перемещения ЦМ звеньев тела и штанги непосредственно.

Таким образом, первый пик кинетической энергии в рассматриваемых упражнениях приходится на границу фазы «Предварительный разгон» и фазы «Амортизация» (таблица 5.7). Таким граничным положением является положение «Максимум отклонения голени». Визуально можно судить об этом положении атлета как о достижении голенью практически вертикального положения: угол наклона голени относительно помоста составляет  $81^{\circ}$ - $82^{\circ}$ . Первый и второй пик кинетической энергии в различных упражнениях отличаются по абсолютной величине: чем больше вес поднимаемой штанги, тем меньше величина кинетической энергии во втором пике по сравнению с первым пиком (рисунок 5.4).

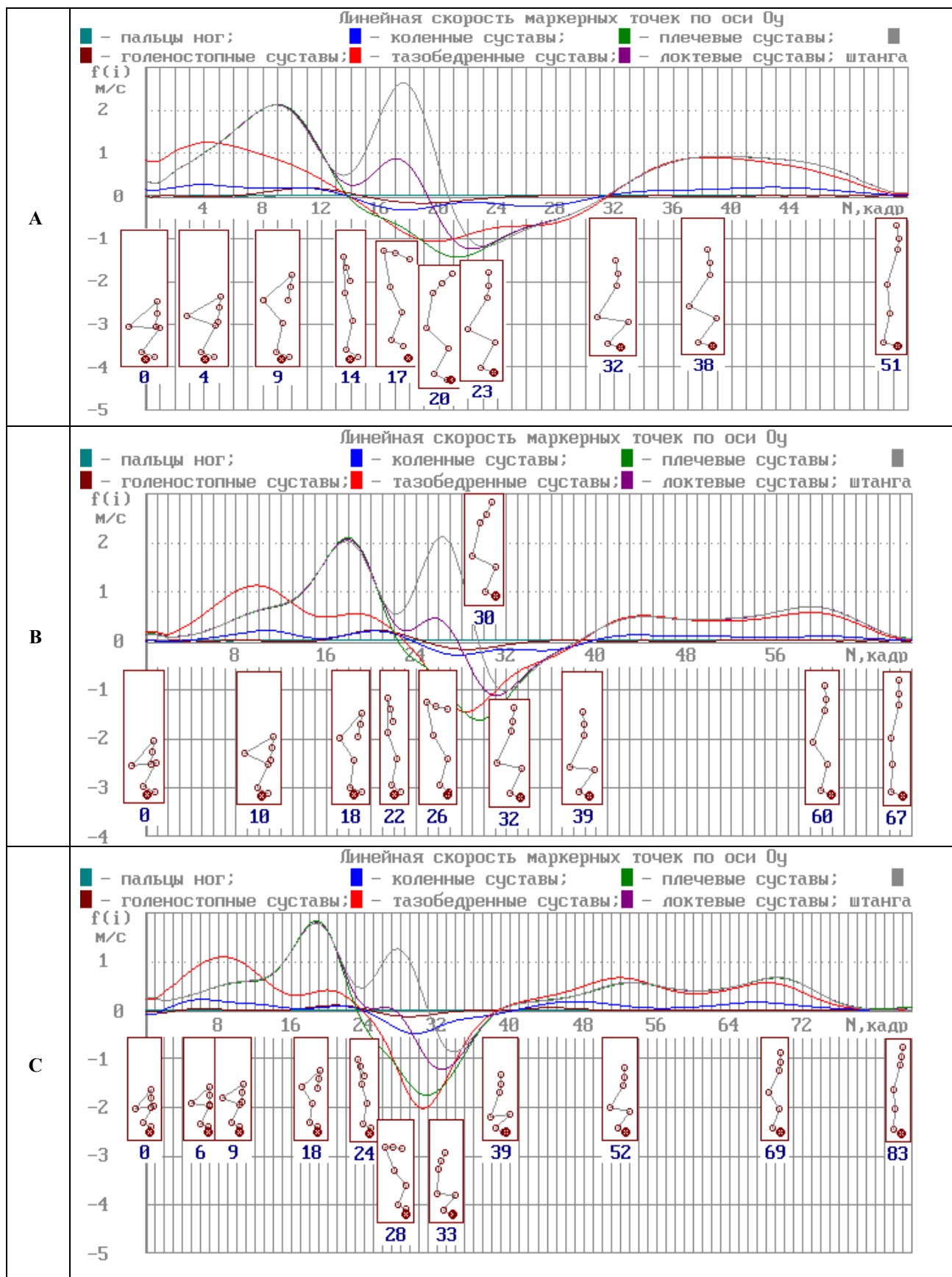


Рисунок 5.5 – Линейная скорость маркерных точек тяжелоатлета по оси  $Oy$  при подъеме штанги весом 70 кг (А), 100 кг (В), 140 кг (С) в упражнении «Рывок»

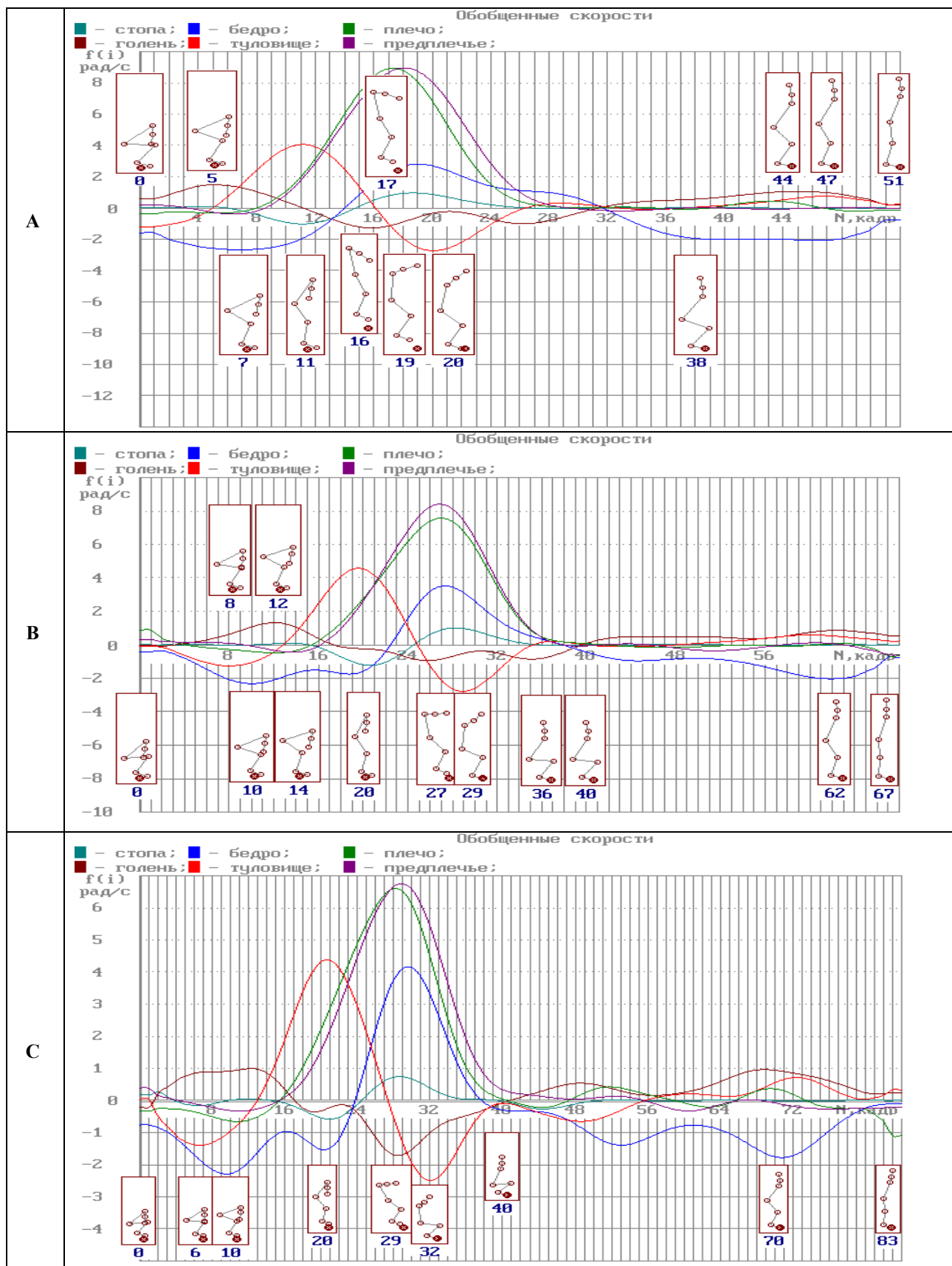



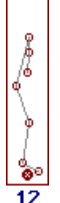


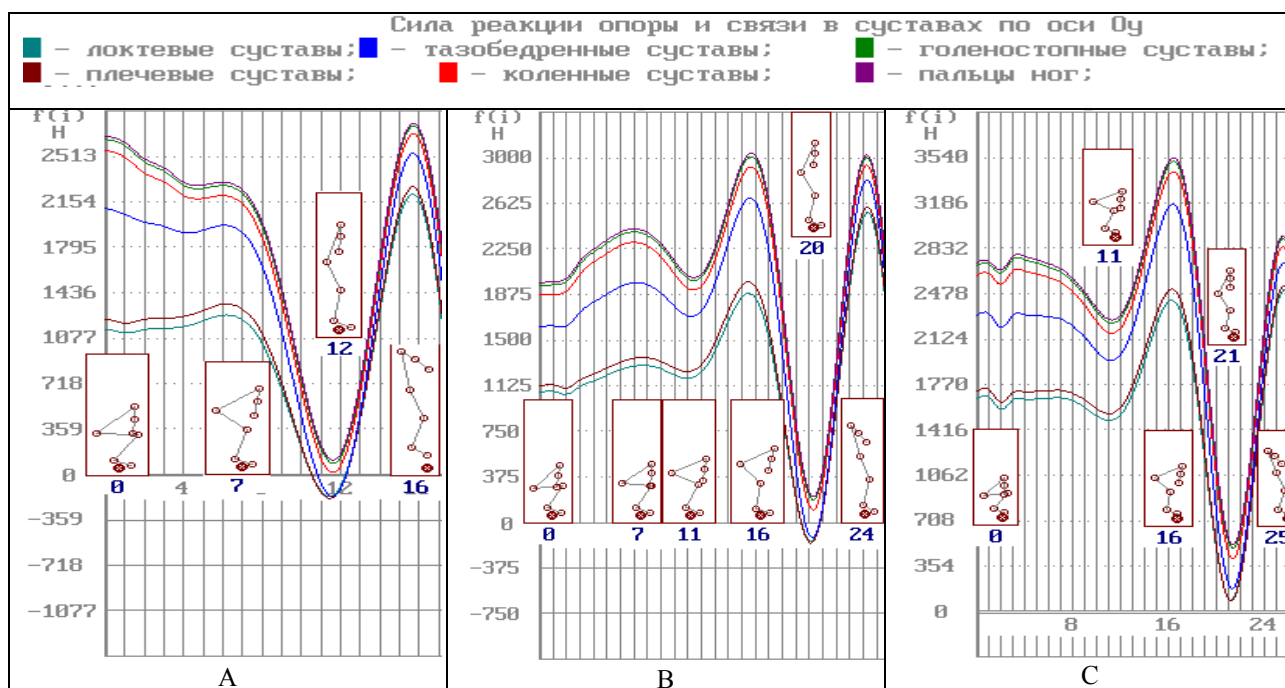


Рисунок 5.6 – Угловая скорость звеньев тела тяжелоатлета при подъеме штанги весом 70 кг (А), 100 кг (В), 140 кг (С) в упражнении «Рывок»

**Таблица 5.7 – Ориентация звеньев тела атлета  
в граничных положениях фазы «Амортизация»  
в упражнении «Рывок»**

Фаза	Граничное положение	Вес штанги		
		А(70 кг)	В (100 кг)	С (140 кг)
Амортизация	Максимум отклонения голени	 -97° - руки 63° - туловище 116° - бедро 82° - голень 154° - стопа <b>11</b>	 -102° - руки 37° - туловище 128° - бедро 82° - голень 161° - стопа <b>17</b>	 -97° - руки 40° - туловище 127° - бедро 81° - голень 154° - стопа <b>18</b>
	Минимум реакции опоры	 -92° - руки 73° - туловище 111° - бедро 81° - голень 151° - стопа <b>12</b>	 -93° - руки 68° - туловище 116° - бедро 80° - голень 155° - стопа <b>20</b>	 -88° - руки 71° - туловище 117° - бедро 77° - голень 150° - стопа <b>21</b>
Амплитуда перемещения звеньев		5° - руки 10° - туловище -5° - бедро 1° - голень -3° - стопа	9° - руки 31° - туловище -12° - бедро -2° - голень -6° - стопа	9° - руки 31° - туловище -10° - бедро -4° - голень -4° - стопа

Специфическим моментом фазы «Амортизация» является как уменьшение кинетической энергии системы «спортсмен – штанга» (рисунок 5.4), так и резкое и значительное уменьшение вертикальной составляющей силы реакции опоры (рисунок 5.7).

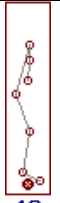


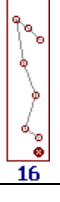
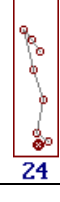



**Рисунок 5.7 – Сила реакции опоры и связи в суставах по оси  $Oy$   
при подъеме штанги весом 70 кг (А), 100 кг (В), 140 кг (С)  
в упражнении «Рывок»**

Спортсмен, натываясь на опору, опирается на нее (с позиций биомеханики). Эффект снятия нагрузки с опоры возникает тогда, когда достигается локальный максимум вертикальной скорости перемещения штанги (рисунок 5.7 А, кадр 12; рисунок 5.7 В, кадр 20; рисунок 5.7 С, кадр 21). Линейное ускорение штанги по числовой оси  $Oy$  декартовой системы координат меняет знак с «+» на знак «-» в момент перехода через нулевое значение (рисунок 5.6 А, кадр 12; рисунок 5.6 В, кадр 20; рисунок 5.6 С, кадр 21). Снимаемая с опоры нагрузка достигает значительных величин, так как вертикальная составляющая силы реакции опоры снижается до 100÷600 Нм.

Критерий граничного положения фазы «Амортизация» – минимум показателя вертикальной составляющей силы реакции опоры. При достижении локального минимума вертикальной составляющей силы реакции опоры начинается заключительная фаза периода «Разгон», именуемая «Финальный разгон». Критерием завершения фазы «Финальный разгон» является граничное положение (таблица 5.8), характеризующееся достижением максимального значения вертикальной составляющей силы реакции опоры (рисунок 5.7 А, кадр 16; рисунок 5.8 В, кадр 24; рис. 5.8 С, кадр 25).

**Таблица 5.8 – Ориентация звеньев тела тяжелоатлета в граничных положениях фазы «Финальный разгон» в упражнении «Рывок»**

Фаза	Граничное положение	Вес штанги		
		А(70 кг)	В (100 кг)	С (140 кг)
Финальный разгон	Минимум реакции опоры	 -92° - руки 73° - туловище 111° - бедро 81° - голень 151° - стопа <b>12</b>	 -93° - руки 68° - туловище 116° - бедро 80° - голень 155° - стопа <b>20</b>	 -88° - руки 71° - туловище 117° - бедро 77° - голень 150° - стопа <b>21</b>
	Максимум реакции опоры	 -40° - руки 100° - туловище 110° - бедро 72° - голень 146° - стопа <b>16</b>	 -52° - руки 104° - туловище 109° - бедро 77° - голень 144° - стопа <b>24</b>	 -52° - руки 107° - туловище 109° - бедро 76° - голень 146° - стопа <b>25</b>
Амплитуда перемещения звеньев		52° - руки 27° - туловище -1° - бедро -9° - голень -5° - стопа	41° - руки 36° - туловище -7° - бедро -3° - голень -11° - стопа	36° - руки 36° - туловище -8° - бедро -1° - голень -4° - стопа

Для рассматриваемой фазы движения характерной особенностью кинематических перемещений звеньев тела спортсмена, обусловленной увеличением веса поднимаемой штанги, является смещение акцента кинематических действий атлета от разгибательного движения в плечевых суставах в сторону увеличения степени отклонения туловища от вертикального положения. Действительно, с увеличением веса штанги амплитуда перемещения рук уменьшается (таблица 5.8) от  $52^\circ$  (вес штанги 70 кг) до  $41^\circ$  (100 кг) и, далее, до  $36^\circ$  (140 кг). В то же время отклонение туловища от вертикальной плоскости увеличивается с увеличением веса штанги. Так, при весе штанги в 70 кг угол отклонения туловища от вертикального положения составляет  $10^\circ$ , при увеличении веса штанги до 100 кг рассматриваемый угол уже равен  $14^\circ$  и максимального значения в  $17^\circ$  достигает при подъеме штанги весом 140 кг. Насколько обоснована целесообразность подобной трансформации техники упражнения? На наш взгляд целесообразно увеличивать отклонение туловища от вертикального положения в связи с увеличением веса поднимаемой штанги. Можно привести следующие аргументы:

1. С увеличением амплитуды отклонения туловища от вертикального положения уменьшается вертикальная составляющая скорости перемещения штанги вверх, обусловленная перемещением плечевых суставов вниз (к опоре). Подобное уменьшение скорости штанги в вертикальном направлении вверх противоречит основной двигательной задаче: построить технику периода «Разгон» таким образом, чтобы обеспечить к окончанию периода приобретение штангой максимальной энергетике движения.

2. Увеличение амплитуды разгибательного движения рук в плечевых суставах будет более эффективным для увеличения вертикальной составляющей линейной скорости штанги, чем отклонение плечевого пояса от вертикальной плоскости.

Аргументы убедительны и против них возражений нет. Однако следует рассмотреть зафиксированную видеосъемкой анализируемую технику упражнения с иных позиций, в частности, с точки зрения приоритетности решаемых двигательных задач и силовой достаточности их решения.

Зачем выполняется отклонение туловища назад от опорного положения в вертикальной плоскости и почему возникает необходимость увеличения амплитуды отклонения в ответ на увеличивающийся вес снаряда? Одной из причин такого увеличения амплитуды отклонения туловища от опорной вертикали в связи с увеличивающимся весом поднимаемой штанги является то обстоятельство, что в данном случае проявляется компенсаторный механизм сохранения проекции штанги на площади опорной плоскости. Следовательно, в фазе «Финальный разгон» регулируется механизм динамического равновесия системы «спортсмен – штанга» отклонением туловища от вертикального положения. Зависимость прямая: чем больше вес штанги, тем больше отклонение туловища от вертикального положения.

Однако в конечном итоге все же не эта двигательная задача (сохранение динамического равновесия) является в данной фазе упражнения приоритетной задачей, без решения которой не может быть успешно реализована дальнейшая цепочка двигательных действий атлета. Приоритетное значение в рассматриваемой фазе упражнения отводится двигательной задаче: создание биомеханических условий эффективного входа спортсмена в период «Подсед» и успешного его выполнения. В качестве биомеханических условий выполнения упражнения мы выделяем подгруппу кинематических условий и подгруппу динамических условий. Кинематические условия характеризуются кинематическими показателями упражнения, а динамические условия – динамическими характеристиками и силовым ресурсом атлета. Именно в фазе «Финальный разгон» решается задача создания необходимой биомеханической платформы для успешного технического решения периода «Подсед». Здесь, как и в математике, иногда целесообразно на необходимые условия задачи взглянуть с противоположной стороны проблемы и определить их с конца. С этой целью рассмотрим структуру технических действий спортсмена в периоде «Подсед» и те граничные положения спортсмена, которые ограничивают фазовую структуру периода.



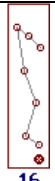
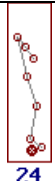

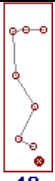


### 5.3 Параметры биомеханических характеристик второго периода упражнения «Подсед»

Второй период упражнения «Подсед» имеет две стадии: «Невесомость» и «Нагрузка». Каждая из стадий, в свою очередь, подразделяется на две фазовые структуры, обеспечивающие условия кинематической и динамической достаточности решения двигательных задач периода.

Стадия «Невесомость» – спортсмен реализует задачу достижения биомеханической достаточности системы «спортсмен – штанга» для входа в стадию «Нагрузка». В стадии «Невесомость» мы выделяем две фазы упражнения: «Уменьшение нагрузки» и «Безопорное состояние».

Фаза «Уменьшение нагрузки» (таблица 5.9) длится от 0,086 с до 0,172 с. Продолжительность фазы связана с весом поднимаемой штанги прямой зависимостью: чем больше вес штанги, тем продолжительнее фаза «Уменьшение нагрузки».

Таблица 5.9 – Ориентация звеньев тела тяжелоатлета в граничных положениях фазы «Уменьшение нагрузки» в упражнении «Рывок»

Фаза	Граничное положение	Вес штанги		
		А(70 кг)	В (100 кг)	С (140 кг)
Уменьшение нагрузки	Максимум реакции опоры	 -40° - руки 100° - туловище 110° - бедро 72° - голень 146° - стопа <b>16</b>	 -52° - руки 104° - туловище 109° - бедро 77° - голень 144° - стопа <b>24</b>	 -52° - руки 107° - туловище 109° - бедро 76° - голень 146° - стопа <b>25</b>
	Снятие с опоры	 4° - руки 95° - туловище 121° - бедро 65° - голень 151° - стопа <b>18</b>	 2° - руки 99° - туловище 131° - бедро 70° - голень 147° - стопа <b>27</b>	 9° - руки 110° - туловище 138° - бедро 62° - голень 152° - стопа <b>29</b>
Амплитуда перемещения звеньев		44° - руки -5° - туловище 11° - бедро -7° - голень 5° - стопа	54° - руки -5° - туловище 22° - бедро -7° - голень 3° - стопа	61° - руки 3° - туловище 29° - бедро -14° - голень 6° - стопа

Критерий граничного положения начала фазы «Уменьшение нагрузки» – максимальное локальное значение показателя вертикальной составляющей силы реакции опоры. Визуально начало фазы определяется как момент времени, в котором руки расположены относительно вертикально-

го положения под опорой (плечевые суставы) примерно под углом  $45^\circ$  (таблица 5.9).

Критерий граничного положения завершения фазы «Уменьшение нагрузки» – нулевое значение показателя вертикальной составляющей силы реакции опоры. Визуально завершение фазы определяется как момент времени, в котором руки расположены относительно вертикального положения примерно под углом  $90^\circ$  в горизонтальном положении (таблица 5.9).

*Снятие с опоры.* Термин «снятие с опоры» введем для биомеханической характеристики той фазы движения, которая происходит с момента изменения вертикальной составляющей силы реакции опоры от положительной величины на минусовое значение (рисунок 5.8).

Границей параметров рассматриваемого показателя является нулевое значение вертикальной составляющей силы реакции опоры, которое и определяет момент времени начала снятия с опоры (рисунок 5.8). Для всех трех анализируемых упражнений положение атлета в момент снятия с опоры характеризуется практически горизонтальным расположением рук (таблица 5.9). Следовательно, в качестве зрительного ориентира горизонтальное расположение рук может служить визуальным индикатором момента начала снятия с опоры.

Существенно, что для всех трех положений атлета в момент снятия с опоры отмечается пересечение туловищем вертикального положения. Чем больше поднимаемый вес, тем значительнее это отклонение. Например, если с весом 70 кг туловище отклонено от вертикали на  $5^\circ$ , то с весом 100 кг отклонение составляет  $8^\circ$ , а с весом 140 кг – на  $18^\circ$ . Объяснить этот факт можно необходимостью динамического уравнивания веса штанги весом атлета для сохранения равновесия системы «спортсмен – штанга». Предполагается, что в процессе всего упражнения проекция ОЦМ системы «спортсмен – штанга» проходит через площадь опоры, обеспечивая системе устойчивое равновесие. Так как вес штанги изменяется, а вес атлета остается прежним, то с неизменным весом спортсмена необходимо строить технику упражнения таким образом, чтобы ОЦМ системы «спортсмен – штанга» постоянно проектировалась на опору. Достигается

это постоянство, в частности, отклонением туловища от вертикального положения, что обеспечивает увеличение момента силы тяжести тела спортсмена, уравнивающего момент силы тяжести штанги. Поэтому, чем больше поднимаемый вес, тем значительнее отклонение туловища от вертикального положения.

Эффект отклонения туловища назад от вертикального положения усиливается дополнительным отклонением от вертикального положения бедер спортсмена. Так для веса 70 кг (таблица 5.9 А) угол между бедром и вертикалью составляет  $31^\circ$ . Для упражнения с весом 100 кг рассматриваемый угол возрастает до  $41^\circ$  (таблица 5.9 В), а для веса 140 кг уже равен  $48^\circ$  (таблица 5.9 С).

Следует отметить не дополнительное отклонение бедер от вертикального положения, а такую степень разгибания в коленных суставах, которая с увеличением веса штанги обеспечивает все меньший угол поворота бедра к вертикальному положению: будет увеличиваться угол между вертикалью и бедром, а следовательно, и плечо момента силы тяжести тела спортсмена для противодействия увеличивающемуся моменту силы тяжести штанги.

Кроме того, отклонение туловища от вертикального положения с необходимостью обусловит и геометрическое перемещение плечевых суставов от вертикального положения, а следовательно, и переместит штангу к проекции вертикального положения над опорой. Этот механизм перемещения, несомненно, должен быть связан с максимальным абсолютным значением отрицательной величины реакции опоры системы «спортсмен – штанга» по оси  $Ox$  (рисунок 5.8).

Анализ расчетных показателей силы реакции опоры (рисунок 5.8) показывает, что, действительно, в момент снятия с опоры (рисунок 5.8 А, кадр 18; рисунок 5.8 В, кадр 27; рисунок 5.8 С, кадр 29) горизонтальная составляющая силы реакции опоры достигает для каждого из рассматриваемых упражнений максимальных отрицательных значений. Зависимость между весом штанги и величиной горизонтальной составляющей силы реакции опоры в данном случае обратная.

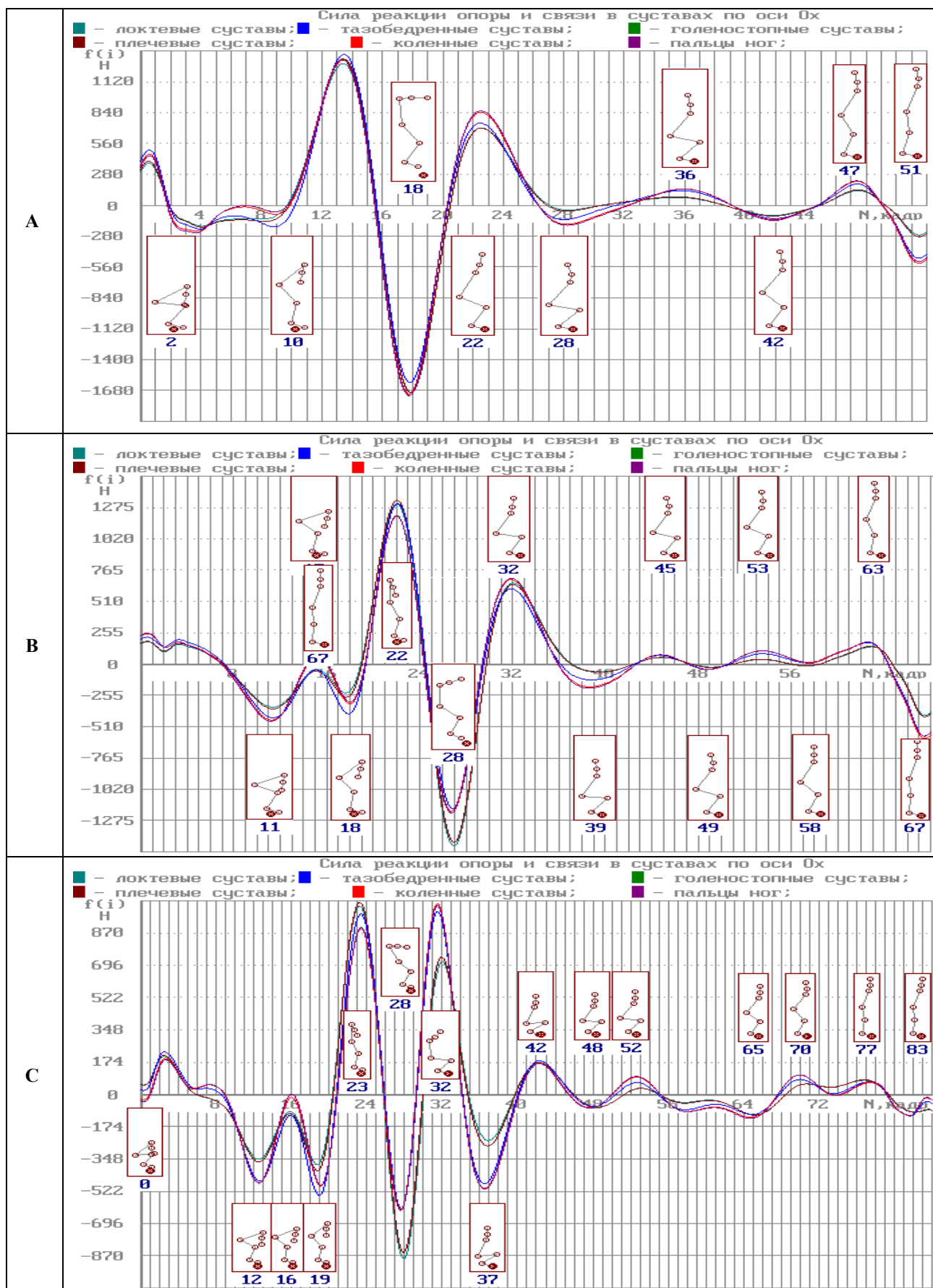


Рисунок 5.8 – Сила реакции опоры и связи в суставах тяжелоатлета по оси Oх при подъеме штанги весом 70 кг (А), 100 кг (В), 140 кг (С) в упражнении «Рывок»

Косвенное подтверждение предположения об увеличении плеча силы тяжести тела спортсмена, связанного с соответствующим увеличением веса поднимаемой штанги, – проекция плечевых суставов атлета на ось  $Ox$ . Так, для упражнения с весом 70 кг расстояние по оси  $Ox$  от плечевых суставов до пальцев стопы ног в момент снятия с опоры равнялось 0,26 м (рисунок 5.9 А, кадр 18). С возрастанием веса штанги происходит все большее удаление плечевых суставов от вертикального положения: 0,38 м и 0,48 м для упражнений с весом штанги 100 кг и 140 кг соответственно (рисунок 5.9 В, кадр 27, рисунок 5.9 С, кадр 29).

Таким образом, в виде закономерности отмечается прямая зависимость расстояния от плечевых суставов до опорной вертикали от веса штанги: чем больше вес штанги, тем больше плечи атлета отклонены от опорной вертикали в момент снятия с опоры.

Координаты плечевых точек по оси  $Oy$  в момент снятия с опоры, как и в горизонтальном направлении, хорошо отражают зависимость «координаты – вес штанги». Однако в данном случае сравниваются координаты плечевых суставов по оси  $Oy$  с высотой подъема штанги относительно опоры (рисунок 5.10).

Координата максимума плечевых суставов по оси  $Oy$  (линия зеленого цвета на рисунке 5.10) при подъеме штанги с различным весом практически не изменяется и находится в пределах 147÷148 см. Координата максимума подъема штанги находится в обратной зависимости от веса штанги.

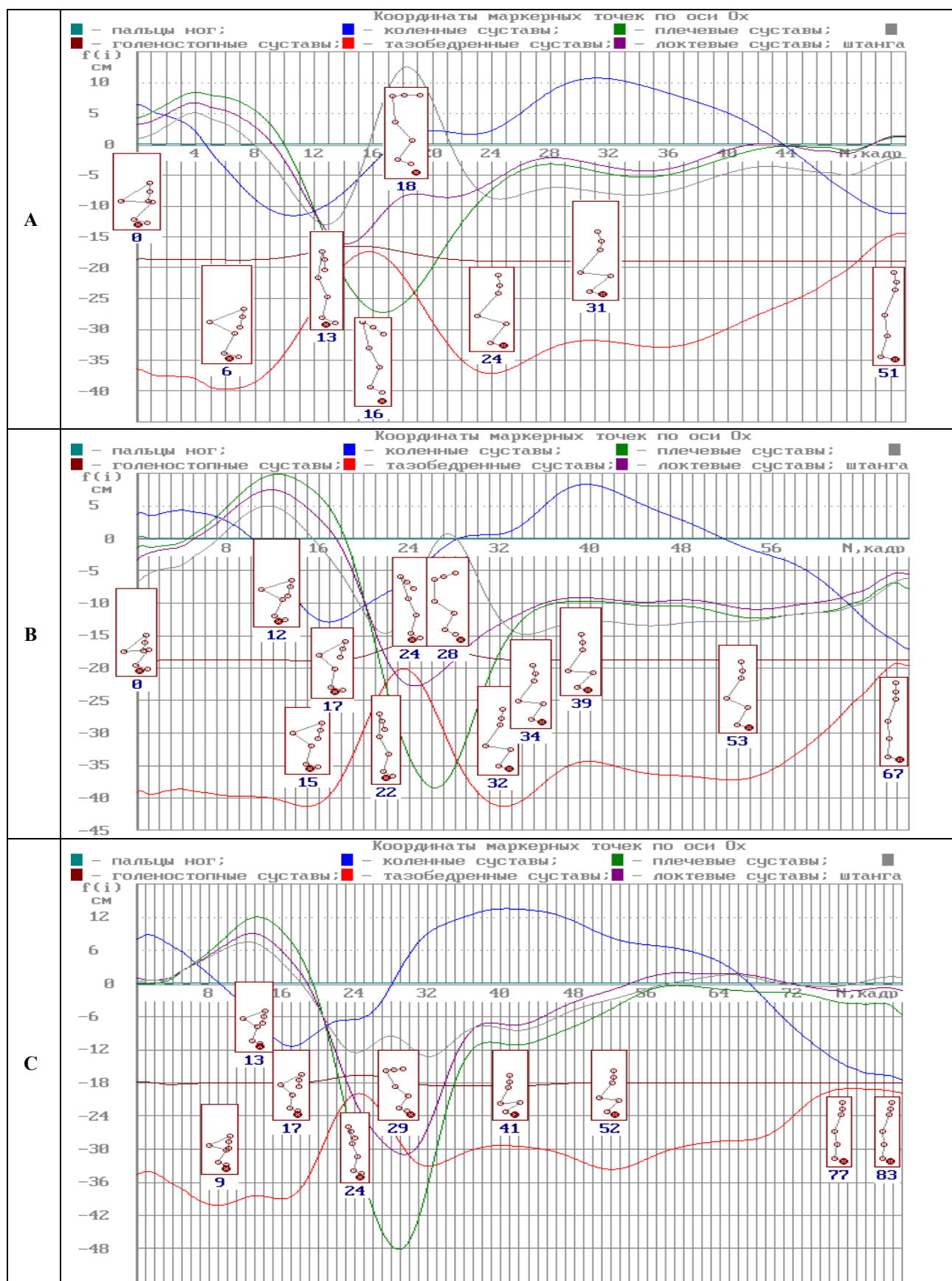
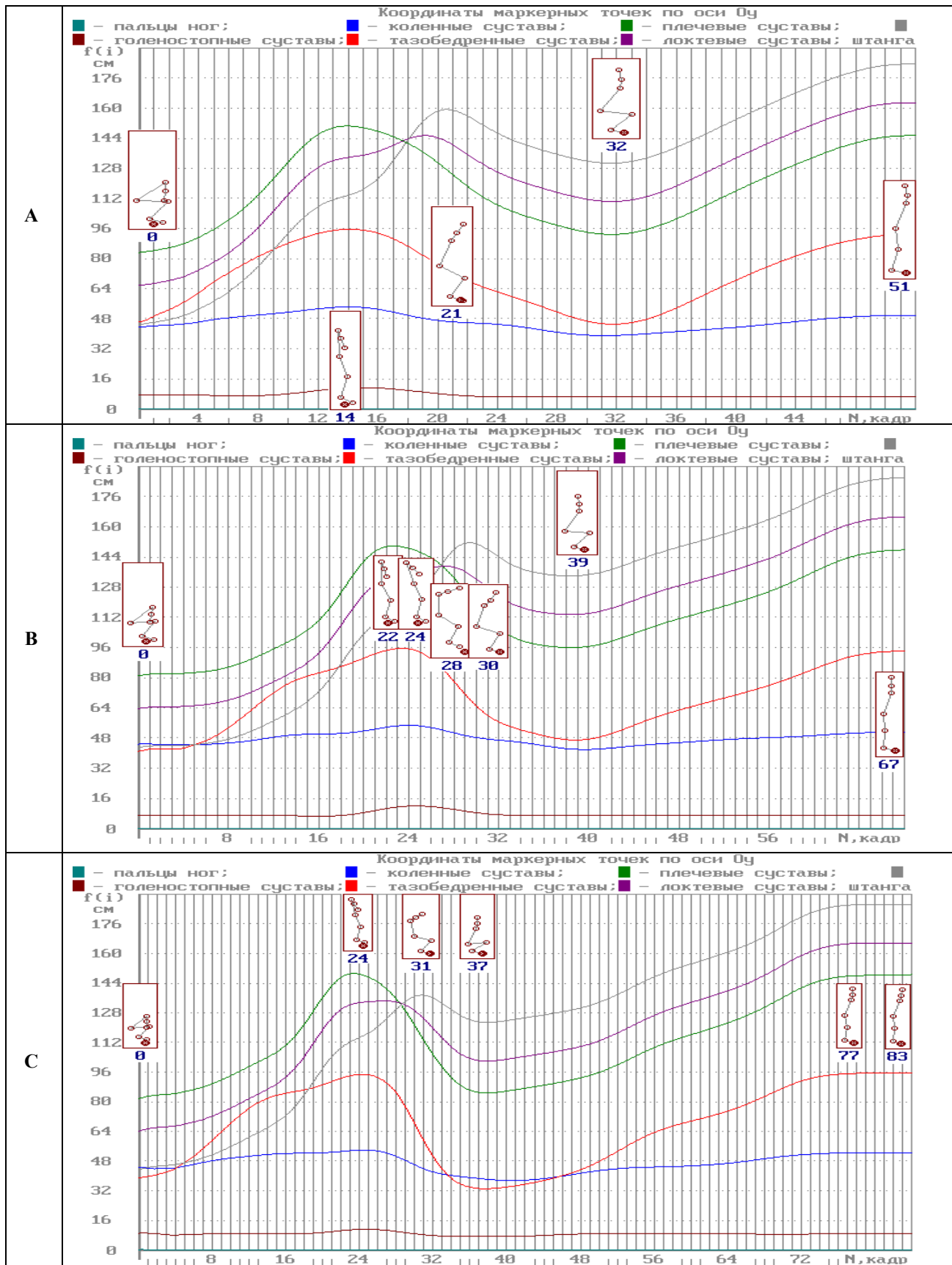


Рисунок 5.9 – Координаты маркерных точек тяжелоатлета по оси  $Ox$  при подъеме штанги весом 70 кг (А), 100 кг (В), 140 кг (С) в упражнении «Рывок»



**Рисунок 5.10 – Координаты маркерных точек тяжелоатлета по оси Oy при подъеме штанги весом 70 кг (А), 100 кг (В), 140 кг (С) в упражнении «Рывок»**

В первом случае, когда вес штанги 70 кг, вертикальная составляющая координаты штанги по оси  $Oy$  в момент максимального ее подъема равна 160 см (рисунок 5.10 А, кадр 23). При увеличении веса штанги до 100 кг происходит снижение потолка подъема штанги до 152 см (рисунок 5.10 В, кадры 29–30). При весе штанги 140 кг максимальная высота подъема штанги составляет 131 см (рисунок 5.10 С, кадр 31). Следовательно, при весе штанги 70 кг максимум подъема штанги на 12 см превышает высоту подъема плечевых суставов спортсмена. При весе штанги 100 кг этот показатель уже равен 4 см, а при весе 140 кг штанга расположена на 17 см ниже уровня плеч. Таким образом, зависимость обратная: чем больше вес поднимаемой штанги, тем меньше потолок ее подъема. Этот показатель – максимальная высота подъема штанги, равная максимальной величине координаты торца грифа перекладины по оси  $Oy$ , является одним из важнейших индикаторов техничности исполнения упражнения.

Из анализа графика координат маркерных точек тяжелоатлета по оси  $Oy$  при подъеме штанги весом 70 кг (А), 100 кг (В), 140 кг (С) в упражнении «Рывок» (рисунок 5.10) следует, что в момент снятия с опоры графики маркерных точек плечевых суставов (зеленый цвет) и торца грифа штанги (серый цвет) пересекаются.

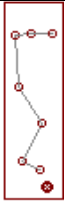


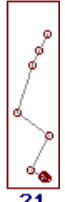


В таблице 5.7 в столбце А этому моменту времени соответствует кадр 18, а в столбце В – кадр 27, а в столбце С – кадр 29. Это и есть кадры снятия с опоры для каждого из упражнений. Следовательно, в момент времени, соответствующий снятию с опоры, графики координат плечевых суставов и торца грифа штанги оси  $Oy$  пересекаются, а точка пересечения графиков расстояния от опоры до плечевых суставов и торца грифа штанги по вертикали соответствует моменту времени снятия с опоры.

*Фаза «Безопорное состояние».* Длительность фазы составляет от 0,129 с до 0,0 с. Продолжительность фазы (таблица 5.10) связана с весом поднимаемой штанги обратной зависимостью: чем больше вес штанги, тем менее длительна фаза «Безопорное состояние». В упражнении с максимальным весом поднимаемой штанги рассматриваемая фаза практически отсутствует, реальная длительность фазы равна нулю, а анализируется участок движения с близкими к ней биомеханическими параметрами.



Критерий граничного положения начала фазы «Безопорное состояние» – нулевое значение показателя вертикальной составляющей силы реакции опоры. Нулевому значению вертикальной составляющей силы реакции опоры в условиях отсутствия физической связи стоп атлета с опорой соответствует момент времени потери контакта стоп с опорой. В нашем случае рассматривается вычисленный сегмент перехода вертикальной составляющей силы реакции опоры в отрицательную область числовой оси, взятый как элемент сравнительного анализа, а не как элемент реальных биодинамических воздействий.

Таблица 5.10 – **Ориентация звеньев тела тяжелоатлета в граничных положениях фазы «Безопорное состояние» в упражнении «Рывок»**

Фаза	Граничное положение	Вес штанги		
		А (70 кг)	В (100 кг)	С (140 кг)
Безопорное состояние	Снятые с опоры	 <p>4<sup>0</sup> - руки 95<sup>0</sup> - туловище 121<sup>0</sup> - бедро 65<sup>0</sup> - голень 151<sup>0</sup> - стопа</p> <p>18</p>	 <p>2<sup>0</sup> - руки 99<sup>0</sup> - туловище 131<sup>0</sup> - бедро 70<sup>0</sup> - голень 147<sup>0</sup> - стопа</p> <p>27</p>	 <p>9<sup>0</sup> - руки 110<sup>0</sup> - туловище 138<sup>0</sup> - бедро 62<sup>0</sup> - голень 152<sup>0</sup> - стопа</p> <p>29</p>
	контакт с опорой	 <p>63<sup>0</sup> - руки 73<sup>0</sup> - туловище 143<sup>0</sup> - бедро 62<sup>0</sup> - голень 158<sup>0</sup> - стопа</p> <p>21</p>	 <p>58<sup>0</sup> - руки 76<sup>0</sup> - туловище 157<sup>0</sup> - бедро 65<sup>0</sup> - голень 155<sup>0</sup> - стопа</p> <p>30</p>	 <p>40<sup>0</sup> - руки 100<sup>0</sup> - туловище 160<sup>0</sup> - бедро 54<sup>0</sup> - голень 156<sup>0</sup> - стопа</p> <p>31</p>
Амплитуда перемещения звеньев		<p>59<sup>0</sup> - руки -22<sup>0</sup> - туловище 22<sup>0</sup> - бедро -3<sup>0</sup> - голень 7<sup>0</sup> - стопа</p>	<p>56<sup>0</sup> - руки -23<sup>0</sup> - туловище 26<sup>0</sup> - бедро -5<sup>0</sup> - голень 8<sup>0</sup> - стопа</p>	<p>31<sup>0</sup> - руки -10<sup>0</sup> - туловище 22<sup>0</sup> - бедро -8<sup>0</sup> - голень 4<sup>0</sup> - стопа</p>

Отрицательная величина вертикальной составляющей силы реакции опоры была бы зарегистрирована, если бы между помостом и стопами ног спортсмена существовала физическая связь в виде жесткого закрепления стоп к опоре, которая бы препятствовала перемещению стоп. Визуально начало фазы определяется как момент времени, в котором руки расположены относительно вертикального положения примерно под углом 90° в

горизонтальном положении относительно плечевых суставов (таблица 5.10).

Критерий граничного положения завершения фазы «Безопорное состояние» – нулевое значение показателя вертикальной составляющей силы реакции опоры. Этому моменту времени соответствует начало контакта стоп атлета с опорой (граничное положение – контакт с опорой) в момент завершения фазы «Безопорное состояние». Визуально завершение фазы определяется как момент времени, в котором руки расположены относительно вертикального положения над опорой под углом примерно  $40^{\circ}$ – $60^{\circ}$  (таблица 5.10).

Фаза «Безопорного состояния» может характеризоваться или действительным состоянием кратковременного отсутствия опоры, или постоянным контактом стоп спортсмена с опорой, но в условиях уменьшающегося действия вертикальной составляющей силы реакции опоры. В рассматриваемых случаях имеет место фаза «Безопорного состояния» (рисунок 5.11 А, рисунок 5.11 В) и фаза «Пониженного давления на опору» (рисунок 5.11 С).

Длительность фазы «Безопорного состояния» определяется разностью момента времени начала опорного периода приседа и момента времени снятия с опоры. Для упражнения с поднимаемым весом 70 кг (рисунок 5.11 А) момент времени снятия с опоры соответствует кадрам 18 и 19, а момент времени начала опорного периода приседа – кадрам 20 и 21. В это время вертикальная составляющая силы реакции опоры равняется нулю. Для упражнения с весом 100 кг (рисунок 5.11 В) аналогичные показатели соответствуют значениям кадров 27-28 и 29-30. Временной показатель длительности безопорного состояния равен в обоих случаях по 0,086 с.

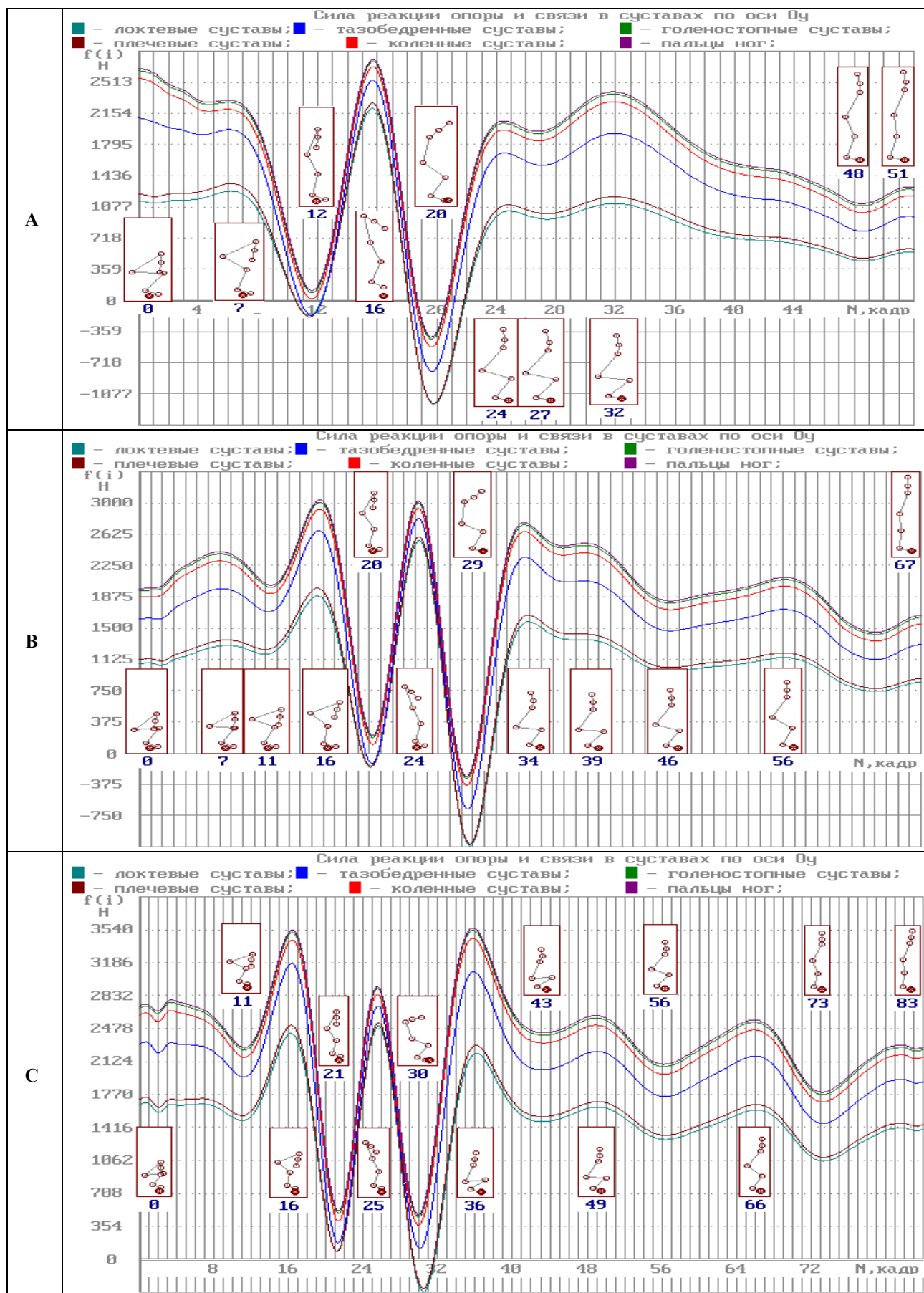


Рисунок 5.11 – Сила реакции опоры и связи в суставах спортсмена по оси  $Oy$  при подъеме штанги весом 70 кг (А), 100 кг (В), 140 кг (С) в упражнении «Рывок»


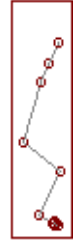


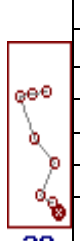
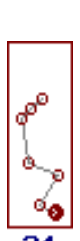
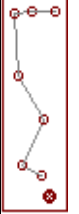
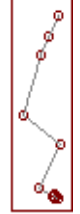
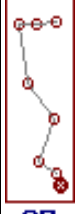

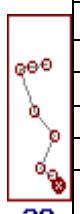
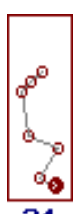
Возникает вопрос: «Если спортсмен в безопорном состоянии, то каким образом интерпретировать минусовые значения вертикальной составляющей силы реакции опоры, которые не должны иметь место, когда контакт спортсмена с опорой отсутствует?» Все дело в том, что расчеты выполнялись с привязкой к тому, что съём стоп ног спортсмена с опоры отсутствует. Это дает возможность определить величину тяги опоры на себя, а в действительности как вертикальная, так и горизонтальная составляющие силы реакции опоры во время тяги опоры на себя, т. е. в безопорном состоянии, равны нулю. Для упражнения с весом 70 кг показатель тяга опоры на себя равен -400 Н (рисунок 5.11 А, кадр 20), для упражнения с весом 100 кг соответственно – -300 н (рисунок 5.11 В, кадр 29). Таким образом, с увеличением веса поднимаемой штанги величина тяги опоры на себя уменьшается, и следовательно, отмечается обратная зависимость между весом штанги и показателем тяги опоры на себя.

Какие изменения в кинематических показателях движения происходят в безопорном состоянии? Попытаемся ответить на этот вопрос с позиций эффективности решения двигательной задачи для этого периода упражнения. Так как переход из опорного состояния в безопорное и (или) наоборот наступает в момент достижения вертикальной составляющей силы реакции опоры нулевого значения, то кинематические характеристики упражнения для этих моментов времени и будут характеризовать кинематическое состояние спортсмена на границе опорного и безопорного состояний. Момент времени «снятие с опоры» будет стартовой величиной безопорного состояния, а момент контакта стоп ног спортсмена с опорой – результирующей (финишной) величиной.

При отсутствии безопорного состояния логично считать, что стартовые величины биомеханических характеристик безопорного состояния будут одновременно и результирующими величинами биомеханических характеристик безопорного состояния. Но это предположение приводит к тому, что время переходного процесса от стартового до финишного состояния будет равно нулю. Для биомеханического анализа техники упражнения такой подход не является конструктивным, поэтому будем считать, что стартовыми и финишными величинами при отсутствии момента сня-

тия с опоры являются биомеханические данные, минимально отставленные по времени от локального экстремума вертикальной составляющей силы реакции опоры. Для упражнения с весом штанги 140 кг, в котором биомеханического снятия с опоры не достигается, этому моменту времени соответствуют кадры 29 и 31 (таблица 5.11, рисунок 5.11 С) как равноотстоящие от локального экстремума вертикальной составляющей силы реакции опоры (рисунок 5.11 С, кадр 30). Временной показатель длительности переходного процесса – 0,86 с.

Таблица 5.21 – Стартовые и финишные кинематические величины тяжелоатлета и их разница ( $\Delta$ ) в безопорном состоянии по обобщенным координатам и высоте плеч (Н) и штанги (S) в упражнении «Рывок»

Показатели и звенья (сегменты)	Вес штанги								
	А (70 кг)			В (100 кг)			С (140 кг)		
	Безопорное состояние			Безопорное состояние			Опорное состояние		
	Стартовые показатели	Финишные показатели	$\Delta$	Стартовые показатели	Финишные показатели	$\Delta$	Стартовые показатели	Финишные показатели	$\Delta$
Н (плечи-см)	 144	 125	19	 141	 117	24	 131	 112	19
S (штанга-см)	 142	 159	17	 141	 152	11	 132	 137	5
Руки (град)	5	65	60	2	60	58	8	36	28
Туловище -//-	95	71	24	98	77	21	108	93	15
Бедро (град)	120	143	23	130	159	29	137	161	24
Голень (град)	65	62	3	70	65	5	63	55	8
Стопа (град)	150	159	9	147	161	14	152	158	6
	18	21		27	30		29	31	

В упражнении с весом штанги 140 кг безопорное состояние отсутствует, момента снятия с опоры нет и минимальная величина вертикальной составляющей силы реакции опоры равна 530 Н (рисунок 5.11 С, кадр 30). Следовательно, с увеличением веса поднимаемой штанги показатель тяги опоры на себя уменьшается, а непосредственно положительные значения вертикальной составляющей силы реакции опоры свидетельствуют об опорном характере перехода спортсмена в присед.

Амплитуда перемещения звеньев тела атлета от стартового до финишного положения отличается как между звеньями тела в одном упражнении, так и между звеньями тела в различных упражнениях.

Наибольшее перемещение во всех трех упражнениях отмечается у рук. Если при выполнении упражнения с весом 70 кг и 100 кг амплитуда

перемещения рук достигает  $60^\circ$  и  $58^\circ$ , значительно приближаясь к вертикальному положению, то при работе с весом 140 кг амплитуда движения за это же время (0,086 с) значительно меньше –  $28^\circ$ . Этим вызвано такое существенное уменьшение амплитуды перемещения рук в третьем упражнении, ведь во втором упражнении вес увеличен по сравнению с первым упражнением почти на 50 %, а амплитуда перемещения рук уменьшилась всего на 2 %.

Объяснить отмеченный факт сознательным уменьшением амплитуды перемещения рук нельзя, т. к. во всех трех упражнениях двигательная задача для управляющих движений в плечевых суставах в этой части упражнения одна и та же: выполняя перемещение под штангу, нужно как можно быстрее перевести руки в вертикальное положение над плечевыми суставами.

Возможно в этой части упражнения спортсмен прилагает значительные мышечные усилия для увеличения (разгибания) угла в плечевых суставах и ему не хватает динамических ресурсов для обеспечения силового каркаса упражнения. Однако, рассматривая величину развиваемых атлетом мышечных усилий в плечевых суставах (рисунок 5.12 С, кадры 29–31) в анализируемой части упражнения, можно отметить абсолютное снижение силы тяги мышц по сравнению с аналогичными частями упражнений с поднимаемым весом в 70 кг (рисунок 5.12 А, кадры 18–21) и весом в 100 кг (рисунок 5.12 С, кадры 27–30). Как следует из расчетных данных, спортсмен развивает мышечные усилия направленные уже не на разгибание рук, а на нажим на штангу в направлении противоположном ее перемещению. Иначе говоря, кроме статической опоры о помост стопами ног, атлет при выполнении подката использует штангу в качестве дополнительной динамической опоры для кистей рук. Важно отметить, что мышечные усилия спортсмена в этот момент направлены на уменьшение угла в суставах, на тормозящее действие вращения рук и перемещение штанги к опорной вертикали.

Отметим, что суммарная величина развиваемых мышечных усилий в плечевых суставах (0 Нм ÷ -232 Нм) при выполнении упражнения с весом 140 кг меньше, чем в упражнении с весом 100 кг (-200 Нм ÷ -230 Нм) и с

весом в 70 кг (-280 Нм ÷ -300 Нм). Знак «минус» в цифровых показателях характеризует направление момента мышечных сил по часовой стрелке, знак «плюс» – против часовой стрелки.

Выявленная направленность приложения мышечных усилий тяжелоатлета в этой части упражнения неординарна. До проведения экспериментальной части исследования можно было бы предположить о нейтральной работе мышц плечевых суставов в этой части упражнения и о доведении рук в вертикальное положение по инерции.

Однако вся эта, казалось бы, парадоксальная механика работы мышц плечевого пояса объясняется биомеханической целесообразностью быстрого перехода в положение приседа и использованием с этой целью сформированной опоры сверху в виде штанги. Для сохранения динамического равновесия и предотвращения запрокидывания штанги назад включается механизм предварительной мышечной коррекции тормозного пути штанги в горизонтальном направлении.

В момент съема с опоры руки совершают вращение в направлении опрокидывания на спину, а туловище вращается в противоположном направлении. В безопорном состоянии направление вращения сохраняется. И если для рук конечным ориентиром вращения является слегка отклоненное за вертикаль положение, то конечным ориентиром вращения для туловища является такое положение, при котором проекция ОЦМ системы «спортсмен – штанга» находится в площади опоры стоп спортсмена.

Отметим, что руки атлета с поднимаемым весом 70 кг, 100 кг и 140 кг к моменту финишного состояния совершают поворот соответственно на 60°, 58°, 28°. Туловище совершает поворот с угловым перемещением от стартового до финишного состояния соответственно на 24°, 21°, 15°. Амплитуда перемещения примерно в 2 раза меньше, чем у рук.

Поворот бедер (23°, 29°, 24°) и голеней (3°, 5°, 8°) регламентируется весом поднимаемой штанги, исходным положением звеньев в момент стартового состояния и характеризуется относительной фиксацией угла в коленных суставах и довольно значительной амплитудой поворота бедер.

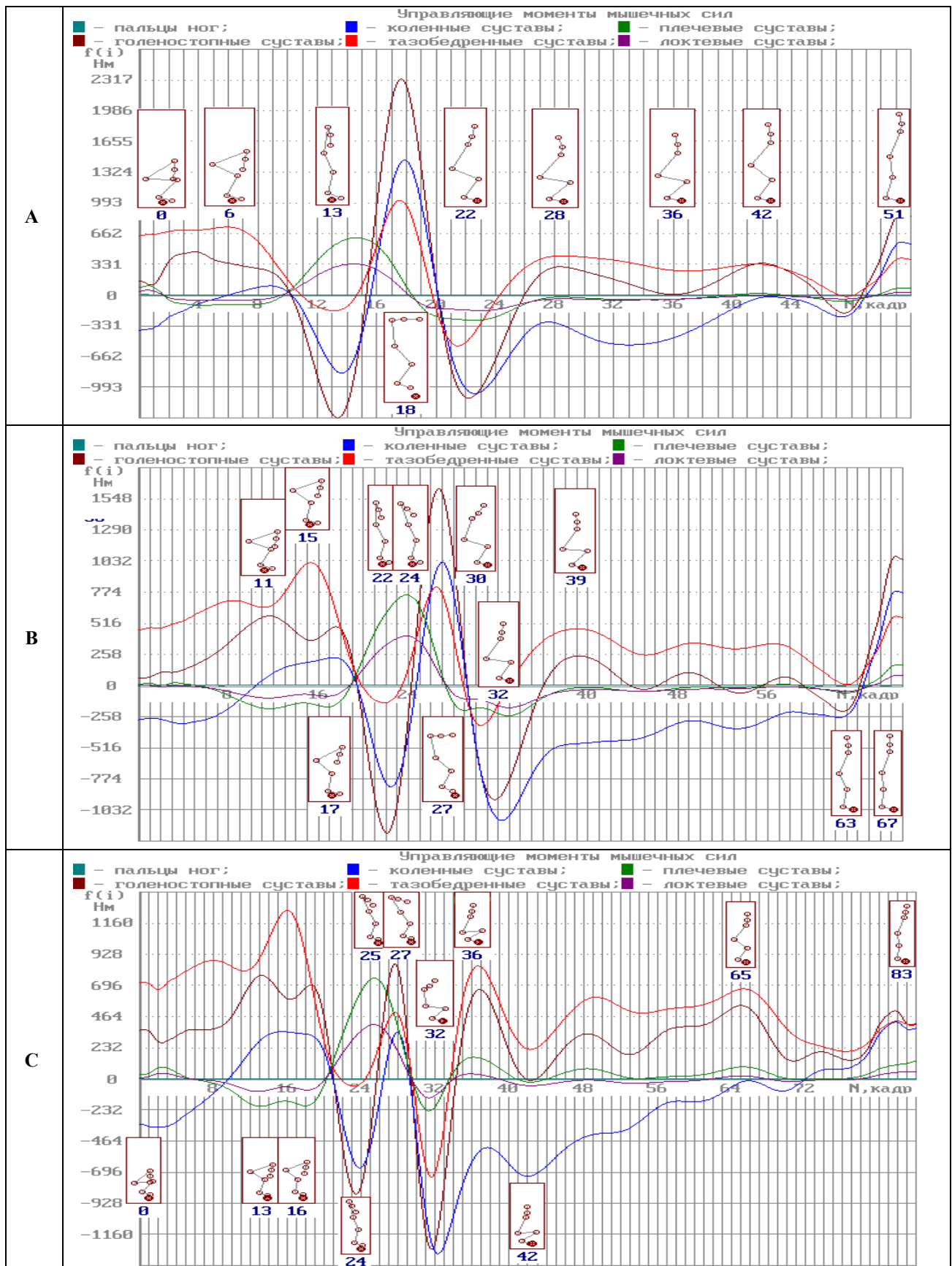


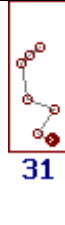





Рисунок 5.12 – Управляющие моменты мышечных сил в суставах атлета при подъеме штанги весом 70 кг (А), 100 кг (В), 140 кг (С) в упражнении «Рывок»



Стадия «Нагрузка». Следующая стадия периода «Подсед». В стадии «Нагрузка» реализуется двигательная задача спортсмена: перевести биомеханическую систему «спортсмен – штанга» из кинематического состояния «Контакт с опорой» в кинематическое состояние «Глубокий присед». Рассматриваемая стадия включает две фазы: «Увеличение нагрузки» (таблица 5.12) и «Амортизационная коррекция» (таблица 5.13).

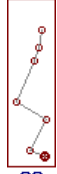





Таблица 5.12 – Ориентация звеньев тела тяжелоатлета в граничных положениях фазы «Увеличение нагрузки» в упражнении «Рывок»

Фаза	Граничное положение	Вес штанги		
		А (70 кг)	В (100 кг)	С (140 кг)
Увеличение нагрузки	Контакт с опорой	 <p>63<sup>0</sup> - руки 73<sup>0</sup> - туловище 143<sup>0</sup> - бедро 62<sup>0</sup> - голень 158<sup>0</sup> - стопа</p> <p>21</p>	 <p>58<sup>0</sup> - руки 76<sup>0</sup> - туловище 157<sup>0</sup> - бедро 65<sup>0</sup> - голень 155<sup>0</sup> - стопа</p> <p>30</p>	 <p>40<sup>0</sup> - руки 100<sup>0</sup> - туловище 160<sup>0</sup> - бедро 54<sup>0</sup> - голень 156<sup>0</sup> - стопа</p> <p>31</p>
	Пик мышечной нагрузки (коленные суставы)	 <p>77<sup>0</sup> - руки 66<sup>0</sup> - туловище 149<sup>0</sup> - бедро 62<sup>0</sup> - голень 160<sup>0</sup> - стопа</p> <p>22</p>	 <p>82<sup>0</sup> - руки 64<sup>0</sup> - туловище 167<sup>0</sup> - бедро 64<sup>0</sup> - голень 159<sup>0</sup> - стопа</p> <p>32</p>	 <p>82<sup>0</sup> - руки 72<sup>0</sup> - туловище 187<sup>0</sup> - бедро 46<sup>0</sup> - голень 158<sup>0</sup> - стопа</p> <p>36</p>
Амплитуда перемещения звеньев		<p>14<sup>0</sup> - руки -7<sup>0</sup> - туловище 6<sup>0</sup> - бедро 0<sup>0</sup> - голень 2<sup>0</sup> - стопа</p>	<p>24<sup>0</sup> - руки -12<sup>0</sup> - туловище 10<sup>0</sup> - бедро -1<sup>0</sup> - голень 4<sup>0</sup> - стопа</p>	<p>42<sup>0</sup> - руки -28<sup>0</sup> - туловище 27<sup>0</sup> - бедро -8<sup>0</sup> - голень 2<sup>0</sup> - стопа</p>

Разделение стадии «Нагрузка» на две фазы («Увеличение нагрузки» и «Амортизационная коррекция») преследует решение педагогической задачи определения максимума мышечной нагрузки в нижних конечностях и граничного положения пика мышечной нагрузки. Педагогическая задача решается на основе биомеханически оправданного определения точки пика мышечной нагрузки для коленных суставов, испытывающих наибольшее мышечное напряжение. Выявленная точка локального экстремума управляющих моментов мышечных сил в коленных суставах является

разделительной границей фаз «Увеличение нагрузки» и «Амортизационная коррекция».

Таблица 5.13 – **Ориентация звеньев тела тяжелоатлета в граничных положениях фазы «Амортизационная коррекция» в упражнении «Рывок»**

Фаза	Граничное положение	Вес штанги		
		А (70 кг)	В (100 кг)	С (140 кг)
Амортизационная коррекция	Пик мышечной нагрузки (коленные суставы)	 77° - руки 66° - туловище 149° - бедро 62° - голень 160° - стопа 22	 82° - руки 64° - туловище 167° - бедро 64° - голень 159° - стопа 32	 82° - руки 72° - туловище 187° - бедро 46° - голень 158° - стопа 36
	Глубокий присед	 94° - руки 60° - туловище 172° - бедро 48° - голень 161° - стопа 32	 95° - руки 63° - туловище 174° - бедро 53° - голень 159° - стопа 38	 85° - руки 70° - туловище 186° - бедро 43° - голень 158° - стопа 39
Амплитуда перемещения звеньев		17° - руки -6° - туловище 23° - бедро 14° - голень 1° - стопа	13° - руки -1° - туловище 7° - бедро -11° - голень 0° - стопа	3° - руки -2° - туловище -1° - бедро -3° - голень 0° - стопа

Фаза «Увеличение нагрузки». Длительность фазы обусловлена временем достижения максимального мышечного напряжения в коленных суставах, противодействующего тяжести поднимаемой штанги и веса спортсмена в уступающем режиме работы мышц, в процессе перехода атлета из граничного положения «Контакт с опорой» в положение «Пик мышечной нагрузки». Между временем достижения положения «Пик мышечной нагрузки» и весом поднимаемой штанги существует прямая зависимость, а время фазы изменяется в пределах 0,043–0,215 с.

Критерий граничного положения «Пик мышечной нагрузки» в заключительной части фазы «Увеличение нагрузки» – максимальная величина управляющих моментов мышечных сил в коленных суставах.

Фаза «Амортизационная коррекция». Эта фаза по длительности прямо противоположна фазе «Увеличение нагрузки»: с увеличением веса поднимаемой штанги длительность фазы уменьшается. Наибольшая продолжительность фазы при работе с минимальными и средними весами – от 0,43 до 0,258 с. Очень кратковременна фаза при работе с максимальным

весом, и продолжительность фазы ограничивается временем, не превышающим 0,13 с.

Критерий граничного положения «Глубокий присед» – минимальная (нулевая) величина кинетической энергии, визуально наблюдаемая (крайнее нижнее положение приседа). Так как двигательная задача фазы «Амортизационная коррекция» заключается в нейтрализации возмущающих воздействий, раскачивающих систему «спортсмен – штанга» в горизонтальном направлении и выводящих ее из состояния динамического равновесия, то, в качестве критерия граничного положения «Глубокий присед» рассматривалась не минимальная величина положения штанги над плоскостью опоры, а принималась минимальная величина кинетической энергии. Казалось бы, минимальная высота штанги над опорой доставляет системе «спортсмен – штанга» минимум потенциальной энергии и, в этом случае, минимум потенциальной энергии системы правомочно рассматривать в качестве критерия граничного положения завершающей части фазы «Амортизационная коррекция». Однако при минимальной величине потенциальной энергии системы «спортсмен – штанга», что аналогично минимальной высоте расположения штанги над опорой, возможны колебательные движения звеньев тела относительно осей вращения, приводящие к раскачиванию системы и вступающие в противоречие с двигательной задачей фазы. Поэтому в данном случае в качестве критерия граничного положения звеньев тела спортсмена был избран показатель минимума кинетической энергии системы.

Двигательная задача периода «Подсед» – построить технику приседания таким образом, чтобы обеспечить в положении приседа удержание штанги над головой на выпрямленных руках. Так как в момент снятия с опоры штанга расположена на уровне плечевых суставов, а в конечном положении – над головой атлета, то в фазе подседа все действия спортсмена направлены на то, чтобы обеспечить силовой каркас кинематического перехода из состояния снятия с опоры в положение приседа руки вверх.

Достаточно ли этих изменений в пространственном положении звеньев тела атлета или необходимо каким-либо образом подкорректировать

конфигурацию биосистемы перед началом выполнения приседа? Попробуем дать ответ на поставленный вопрос с позиций эффективности решения двигательной задачи.

Естественно, что после безопорного состояния, в момент контакта стоп ног спортсмена с опорой (финишное состояние) звенья тела спортсмена еще не достигают конечного, результирующего положения приседа. Но принимаемая в финишном состоянии поза спортсмена, хотя и является промежуточной, позволяет в определенной степени дать оценку техническим действиям спортсмена. Эту оценку будем давать в момент финишного состояния по двум критериям:

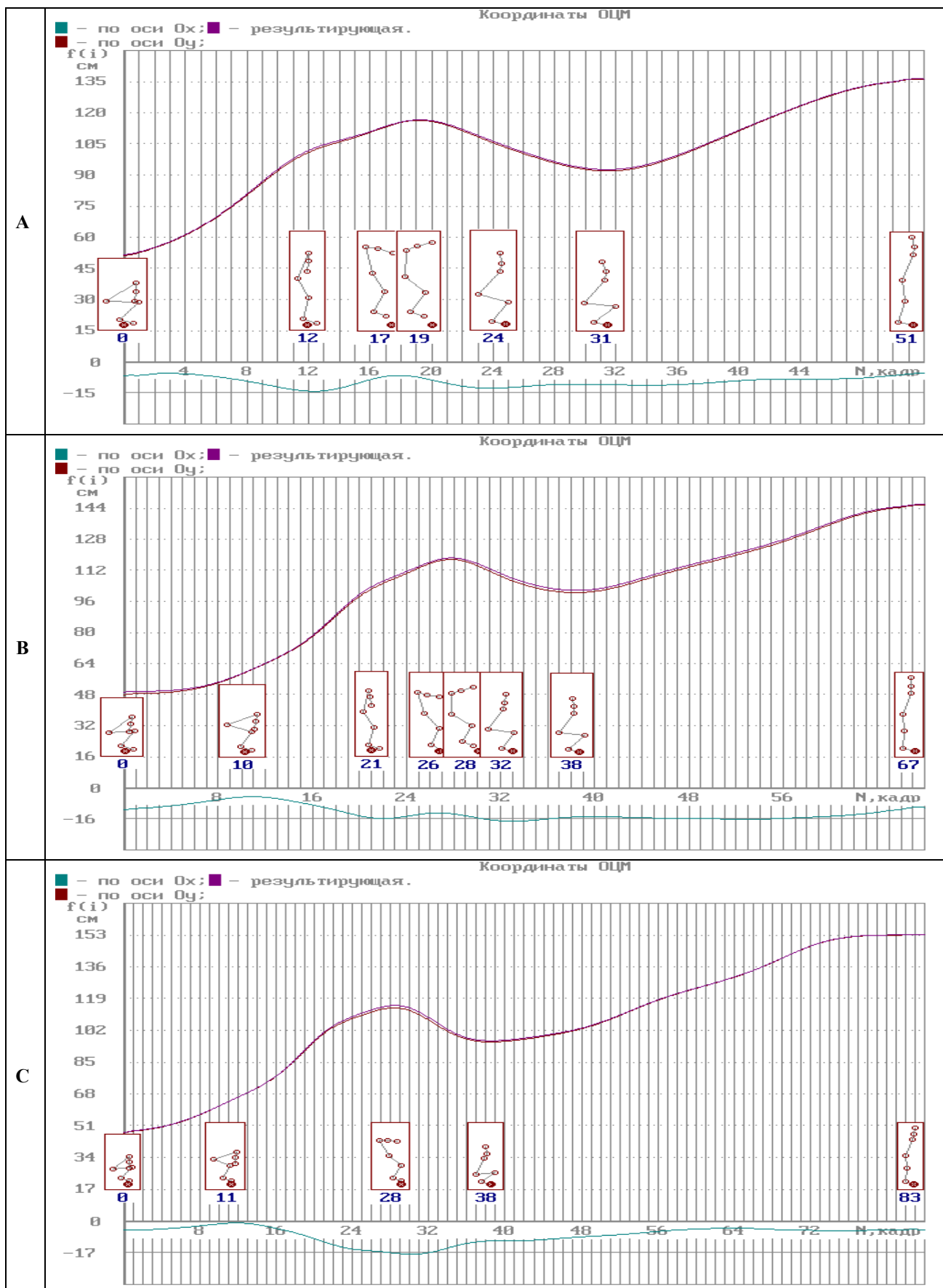
1. По степени отклонения ОЦМ системы «спортсмен – штанга» по оси  $Ox$  в финишном положении от срединной точки площади опоры. По оси  $Ox$  срединная точка площади опоры располагается в отрицательной области числовой оси на расстоянии 14 см от начала декартовой системы координат (рисунок 5.16). Эту точку мы будем принимать за начало локальной системы координат вертикальной проекции ОЦМ системы «атлет – штанга» по оси  $Ox$ .

2. Так как в конечном положении приседа штанга должна располагаться над плечевыми суставами, то целесообразно принять за критерий выполнения программы движения высоту расположения штанги относительно плечевых суставов. Если за 100 % принять высоту штанги при вертикальном ее расположении над плечевыми суставами, то реальная высота штанги, выраженная в процентах в момент финишного состояния, покажет степень выполнения двигательной задачи для плечевых суставов.

3. За критерий резервных возможностей кинематики движения атлета в подкате возьмем разницу между возможным и необходимым перемещением штанги:























- параметры возможного перемещения штанги определяются как разница между высотой штанги в финишном состоянии и в глубоком приседе (таблица 5.14);

- параметры необходимого перемещения штанги определяются как разница между высотой штанги в вертикальном положении над плечевыми суставами и высотой штанги в финишном состоянии.



**Рисунок 5.13 – Координаты ОЦМ системы «штанга – спортсмен» при подъеме штанги весом 70 кг (А), 100 кг (В), 140 кг (С) в упражнении «Рывок»**

**Таблица 5.14 – Стартовые и финишные показатели суставных углов и их разница ( $\Delta$ ) в безопорном состоянии тяжелоатлета в упражнении «Рывок»**

Суставы	Вес штанги											
	А (70 кг)				В (100 кг)				С (140 кг)			
	Стартовые показатели	Финишные показатели	$\Delta$		Стартовые показатели	Финишные показатели	$\Delta$		Стартовые показатели	Финишные показатели	$\Delta$	
Плечевые	 <b>90</b>	 174	84	 <b>84</b>	 163	79	 <b>80</b>	 123	43			
Тазобедренные	 <b>155</b>	 108	53	 <b>148</b>	 98	50	 <b>155</b>	 112	43			
Коленные	 <b>125</b>	 99	26	 <b>120</b>	 94	26	 <b>106</b>	 94	12			
Голеностопные	 <b>18</b>	 83	12	 <b>27</b>	 103	7	 <b>29</b>	 103	14			

Таким образом, зона рабочего перемещения штанги во время приседа определяется разницей между высотой штанги в вертикальном положении над плечевыми суставами в финишном состоянии и высотой штанги в глубоком приседе. Несомненно, чем больше этот показатель, тем в более выгодных условиях кинематического выполнения приседа находится атлет.

Для того чтобы дать количественную оценку уровня техничности исполнения тяжелоатлетом упражнений от стартового состояния безопорного периода и до глубокого приседа в опорном периоде, осталось определить кинематические показатели позы спортсмена в глубоком приседе. Рассмотрим пространственные характеристики углов наклона звеньев тела спортсмена к оси  $Ox$ , отражающие обобщенные координаты штангиста во всех трех анализируемых упражнениях.

Двигательную задачу от момента снятия с опоры и до момента контакта с опорой можно дифференцировать по трем структурным компонентам управляющих действий атлета в суставах:

1. Управляющие действия в плечевых суставах, конечным результатом которых является положение штанги на выпрямленных руках над головой.
2. Управляющие действия в тазобедренных суставах, обеспечивающие приход спортсмена в рабочее положение приседа.
3. Управляющие действия в коленных суставах, обеспечивающие приход спортсмена в рабочее положение приседа.












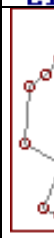





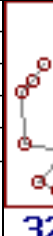



Абсолютную величину результата управляющих действий спортсмена в зоне переходного процесса можно представить в виде углового перемещения звеньев тела, изменяющих конфигурацию биосистемы, а следовательно, и взаимное расположение звеньев. Если взаимное расположение звеньев тела спортсмена изменилось, то изменяются и величины суставных углов. Следовательно, результат управляющих действий спортсмена в суставах может характеризоваться, как угловым перемещением звеньев тела спортсмена, так и величиной изменения суставного угла. Величина углового перемещения звеньев тела атлета в таблице 5.11 представлена показателем  $\Delta$  ( $\Delta$  – разность между стартовыми и финишными показателями углового положения стоп (9)). Параметры  $\Delta$  определяются как абсолютная величина разности между обобщенными координатами звена в стартовом и финишном положениях. Например, нижняя строка данных в упражнении «А» (159, 150, 9) отражает стартовые (159) и финишные (150) показатели суставного угла.

Так же как и в предыдущей таблице, показатель  $\Delta$  будет определять разность, но уже не между обобщенными координатами звеньев в стартовом и финишном положениях, а разность между суставными углами в стартовом и финишном положениях, т. е. параметр  $\Delta$  в данном случае будет являться индикатором изменения амплитуды суставных углов или амплитуды управляющих движений.

Переход в положение «присед – руки вверху» от момента контакта спортсмена с опорой характеризуется тем, что на всей траектории подседа в упражнении с малым и средним весом режим работы мышечной системы опорно-двигательного аппарата нижних конечностей обусловлен динамической нагрузкой в уступающем режиме работы мышц. Известно, что уступающий режим работы мышц наиболее благоприятен для развития максимальных мышечных усилий [43; 46; 73]. Биомеханика приседания в этой фазе упражнения характеризуется постепенным уменьшением скорости приседания ОЦМ системы «спортсмен – штанга» в вертикальном направлении к моменту приближения к глубокому приседу. Так как уменьшение скорости связано с увеличением линейного ускорения и определяется им, то для уменьшения вертикальной составляющей линейной

скорости ОЦМ системы требуются все возрастающие мышечные усилия спортсмена. Максимальная мышечная нагрузка на опорно-двигательный аппарат нижних конечностей достигает -1070 Нм в коленных суставах (рисунок 5.12 А, кадр 22) и -515 Нм в тазобедренных суставах. Пик этой нагрузки по временной шкале приседа отмечается раньше, чем атлет достигает максимальной глубины приседа. Это очень важная особенность работы опорно-двигательного аппарата тяжелоатлета, которая ранее не отмечалась в специальной литературе. Действительно, казалось бы, что максимальные мышечные усилия тяжелоатлет должен развивать в момент уменьшения скорости перемещения ОЦМ системы «спортсмен – штанга» до нуля (максимум глубины приседа – таблица 5.15 А, кадр 32), когда вертикальная составляющая ускорения ОЦМ максимальна (таблица 5.15). Однако в этом положении момент силы тяги мышц в коленных суставах равен -530 Нм, что более чем в два раза меньше, чем в проходящем положении максимальной мышечной нагрузки (таблица 5.15 А, кадр 22).

Таблица 5.15 – Биомеханические характеристики периода «Подсед» при подъеме штанги весом 70 кг (А), 100 кг (В), 140 кг (С) в упражнении «Рывок»

		Max Mk		Max Ry (н)		Ry=0		Ry=0		Max H		Max Mk		Min H	
		Коленные суставы		Реакция опоры		Реакция опоры		Реакция опоры		Высота штанги		Коленные суставы		Высота штанги	
А	H (см)		115		122		144		160		156		156		130
	Ry (н)		1650		2700		0		0		0		1100		2390
	Mk (нм)		-800		330		1450		-660		-660		-1070		-530
	MГ (нм)		-145		485		1020		-500		-500		-515		350
	α (град)		152		142		123		100		100		94		54
	β (град)		166		169		154		109		109		96		70
			<b>14</b>		<b>16</b>		<b>18</b>		<b>21</b>		<b>21</b>		<b>22</b>		<b>32</b>
В	H (см)		112		118		141		152		144		144		133
	Ry (н)		180		3000		0		0		-1150		2250		2500
	Mk (нм)		-840		-390		1000		-520		0		-1110		-560
	MГ (нм)		-130		190		800		-270		0		-130		590
	α (град)		150		147		118		87		95		80		60
	β (град)		166		172		149		100		117		77		71
			<b>22</b>		<b>24</b>		<b>27</b>		<b>30</b>		<b>29</b>		<b>32</b>		<b>39</b>
С	H (см)		115		118		132		135		135		135		123
	Ry (н)		2200		2920		0		0		-150		0		3400
	Mk (нм)		-680		-480		115		-1280		-1000		-1280		-515
	MГ (нм)		-45		232		230		-700		-620		-700		800
	α (град)		150		148		104		63		77		63		38
	β (град)		171		173		150		104		121		104		64
			<b>24</b>		<b>25</b>		<b>29</b>		<b>32</b>		<b>31</b>		<b>32</b>		<b>37</b>



В упражнении с максимальным весом сгибанию в коленных суставах противодействуют управляющие моменты мышечных сил величиной до -1300 Нм, реализуемые в динамическом режиме работы мышц. Такие максимальные параметры силы тяги мышц отмечаются раньше, чем достигается максимальная глубина приседа. Следовательно, здесь картина изменения мышечных усилий в опорно-двигательном аппарате нижних конечностей аналогична той, которая отмечается при выполнении упражнений с малым и средним весом.

Отметим технические особенности выполнения приседа в связи с вариативным изменением веса штанги:

1. Глубина приседания, оцениваемая по степени суставного угла в коленных и тазобедренных суставах (таблица 5.16)

**Таблица 5.16 – Кинематические показатели суставных углов тяжелоатлета в стартовом положении и в глубоком приседе при выполнении упражнения «Рывок» с весом штанги 70 кг (А), 100 кг (В), 140 кг (С)**

№ п/п	Кадр	Положение спортсмена	Суставы	А	В	С
				Угол	Угол	Угол
1	А-0	Исходное положение	коленные	60°	55°	50°
	В-0		тазобедренные	46°	43°	45°
	С-0		плечевые	45°	40°	40°
2	А-32	Глубокий присед	коленные	55°	60°	35°
	В-38		тазобедренные	67°	68°	63°
	С-39		плечевые	210°	208°	208°

Только при работе с максимальным весом происходит максимально глубокий присед до анатомического ограничения угла в коленных (35°) и тазобедренных (63°) суставах. В упражнениях с малым и средним весом глубина приседа не достигает предельных, анатомически возможных значений: угол в коленных суставах равен 55°–60°, в тазобедренных – 67°–68°.

2. Во всех трех анализируемых упражнениях четко прослеживаются общие механизмы изменения структуры мышечных усилий в различных фазах, стадиях и периодах упражнения. В глубоком приседе формируется жесткая конструкция в подвижных биомеханических узлах: «коленные суставы», «тазобедренные суставы». Жесткость достигается:

- В упражнениях с малым и средним весом пружинно-рессорным ограничением уменьшения суставного угла в коленных суставах за счет мышечных усилий. При достижении максимального приседа угол в коленных суставах составляет  $55^{\circ}$  – малый вес,  $60^{\circ}$  – средний вес, что обеспечивает достаточно комфортные условия для минимизации силового обеспечения подъема в этой фазе движения. В упражнении с малым весом тяговые усилия мышц в коленных суставах в зоне максимального приседа не превышают -500 Нм и направлены на разгибание в суставах, в упражнении со средним весом этот показатель не превышает -510 Нм. Это зона динамических усилий в динамическом режиме работы мышц, которая соответствует диапазону 50–55 % от максимальных мышечных усилий, реализуемых атлетом в процессе приседа.

- Анатомическим ограничением сгибания в коленных суставах при работе с максимальным весом. Для анализируемого исполнителя максимальное сгибание в коленных суставах составляет  $35^{\circ}$  – пружинно-рессорное ограничение в упражнении с максимальным весом отсутствует, обеспечивается моментами мышечных сил и достигает -700 Нм. Это зона статических усилий в динамическом режиме работы мышц, которая соответствует диапазону 50–55 % (как в упражнении с минимальным и средним весом) от максимальных мышечных усилий, реализуемых атлетом в процессе приседа.

- Сохранением угла в тазобедренных суставах, близкого к анатомически возможному минимуму, с незначительными вариациями от веса штанги в пределах  $63^{\circ}$ – $68^{\circ}$ . Мышечные усилия спортсмена направлены на разгибательное движение в тазобедренных суставах (350 Нм – минимальный вес, 480 Нм – средний вес, 680 Нм – максимальный вес), что поддерживает равномерное вращательное перемещение туловища штангиста к вертикальному положению.

Интересно отметить, что мышечные усилия при подъеме из приседа в стойку значительно меньше, чем в глубоком приседе и существенно меньше (примерно в 2 раза), чем максимальные мышечные усилия, противодействующие перемещению штанги и тела спортсмена вниз, непосредственно при выполнении приседа. То есть максимальная нагрузка на мы-

шечную систему нижних конечностей возникает в момент выполнения приседа, а не в момент непосредственного выполнения подъема из глубокого приседа.

#### **5.4 Параметры биомеханических характеристик третьего периода упражнения «Подъем»**

Третий период упражнения «Подъем» включает две стадии: «Подъем» и «Равновесие». В каждой стадии решаются свои, конкретные биомеханические и педагогические задачи.

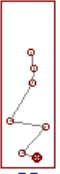


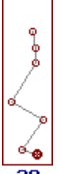


*Стадия «Подъем».* Двигательная задача, решаемая спортсменом в этой стадии, – обеспечить переход тяжелоатлета из положения глубокий присед в финишное положение «Стойка, руки вверх» с сохранением динамического равновесия в процессе подъема. Стадия «Подъем» включает две фазы: «Ускоренный подъем» (таблица 5.17) и «Замедленный подъем» (таблица 5.18).

Фаза «Ускоренный подъем». На продолжительность фазы оказывает влияние поднимаемый вес штанги: чем больше вес, тем продолжительнее фаза. В рассматриваемых случаях длительность фазы изменяется во временных границах от 0,3 до 0,6 с.

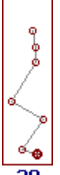
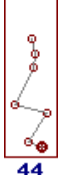


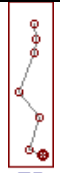

Казалось бы, что название фазы ориентирует атлета на ускоренное выполнение этой части упражнения и быстрое достижение максимальной вертикальной составляющей линейной скорости ОЦМ системы «штанга – спортсмен». Однако это не так. Название фазы отражает лишь кинематическое состояние биосистемы, при которой линейная скорость ОЦМ системы «спортсмен – штанга» по вертикали действительно возрастает (рисунок 5.14 А, кадры 32–39).

Следует отметить, что возрастание скорости ОЦМ происходит при уменьшающейся положительной величине вертикального линейного ускорения ОЦМ системы «спортсмен – штанга» (рисунок 5.15). Поэтому рассматриваемая скорость постепенно достигает максимума в граничном положении «Завершение ускоренного подъема», а ускорение – области отрицательных значений.

**Таблица 5.17 – Ориентация звеньев тела тяжелоатлета  
в граничных положениях фазы «Ускоренный подъем»  
в упражнении «Рывок»**

Фаза	Граничное положение	Вес штанги		
		А (70 кг)	В (100 кг)	С (140 кг)
Ускоренный подъем	Глубокий присед	 94 <sup>0</sup> - руки 60 <sup>0</sup> - туловище 172 <sup>0</sup> - бедро 48 <sup>0</sup> - голень 161 <sup>0</sup> - стопа <b>32</b>	 95 <sup>0</sup> - руки 63 <sup>0</sup> - туловище 174 <sup>0</sup> - бедро 53 <sup>0</sup> - голень 159 <sup>0</sup> - стопа <b>38</b>	 85 <sup>0</sup> - руки 70 <sup>0</sup> - туловище 186 <sup>0</sup> - бедро 43 <sup>0</sup> - голень 158 <sup>0</sup> - стопа <b>39</b>
	Завершение ускоренного подъема	 93 <sup>0</sup> - руки 59 <sup>0</sup> - туловище 149 <sup>0</sup> - бедро 56 <sup>0</sup> - голень 161 <sup>0</sup> - стопа <b>39</b>	 94 <sup>0</sup> - руки 62 <sup>0</sup> - туловище 165 <sup>0</sup> - бедро 56 <sup>0</sup> - голень 159 <sup>0</sup> - стопа <b>44</b>	 87 <sup>0</sup> - руки 57 <sup>0</sup> - туловище 164 <sup>0</sup> - бедро 54 <sup>0</sup> - голень 155 <sup>0</sup> - стопа <b>53</b>
Амплитуда перемещения звеньев		-1 <sup>0</sup> - руки -1 <sup>0</sup> - туловище -23 <sup>0</sup> - бедро 8 <sup>0</sup> - голень 0 <sup>0</sup> - стопа	-1 <sup>0</sup> - руки -1 <sup>0</sup> - туловище -9 <sup>0</sup> - бедро 3 <sup>0</sup> - голень 0 <sup>0</sup> - стопа	2 <sup>0</sup> - руки -13 <sup>0</sup> - туловище -20 <sup>0</sup> - бедро 11 <sup>0</sup> - голень -3 <sup>0</sup> - стопа

**Таблица 5.18 – Ориентация звеньев тела тяжелоатлета  
в граничных положениях фазы «Замедленный подъем»  
в упражнении «Рывок»**

Фаза	Граничное положение	Вес штанги		
		А (70 кг)	В (100 кг)	С (140 кг)
Замедленный подъем	Завершение ускоренного подъема	 93 <sup>0</sup> - руки 59 <sup>0</sup> - туловище 149 <sup>0</sup> - бедро 56 <sup>0</sup> - голень 161 <sup>0</sup> - стопа <b>39</b>	 94 <sup>0</sup> - руки 62 <sup>0</sup> - туловище 165 <sup>0</sup> - бедро 56 <sup>0</sup> - голень 159 <sup>0</sup> - стопа <b>44</b>	 87 <sup>0</sup> - руки 57 <sup>0</sup> - туловище 164 <sup>0</sup> - бедро 54 <sup>0</sup> - голень 155 <sup>0</sup> - стопа <b>53</b>
	Критическая точка	 96 <sup>0</sup> - руки 67 <sup>0</sup> - туловище 112 <sup>0</sup> - бедро 73 <sup>0</sup> - голень 161 <sup>0</sup> - стопа <b>47</b>	 90 <sup>0</sup> - руки 68 <sup>0</sup> - туловище 129 <sup>0</sup> - бедро 72 <sup>0</sup> - голень 159 <sup>0</sup> - стопа <b>59</b>	 87 <sup>0</sup> - руки 62 <sup>0</sup> - туловище 125 <sup>0</sup> - бедро 70 <sup>0</sup> - голень 155 <sup>0</sup> - стопа <b>69</b>
Амплитуда перемещения звеньев		3 <sup>0</sup> - руки 8 <sup>0</sup> - туловище -37 <sup>0</sup> - бедро 17 <sup>0</sup> - голень 0 <sup>0</sup> - стопа	-4 <sup>0</sup> - руки 6 <sup>0</sup> - туловище -36 <sup>0</sup> - бедро 16 <sup>0</sup> - голень 0 <sup>0</sup> - стопа	0 <sup>0</sup> - руки 5 <sup>0</sup> - туловище -39 <sup>0</sup> - бедро 16 <sup>0</sup> - голень 0 <sup>0</sup> - стопа

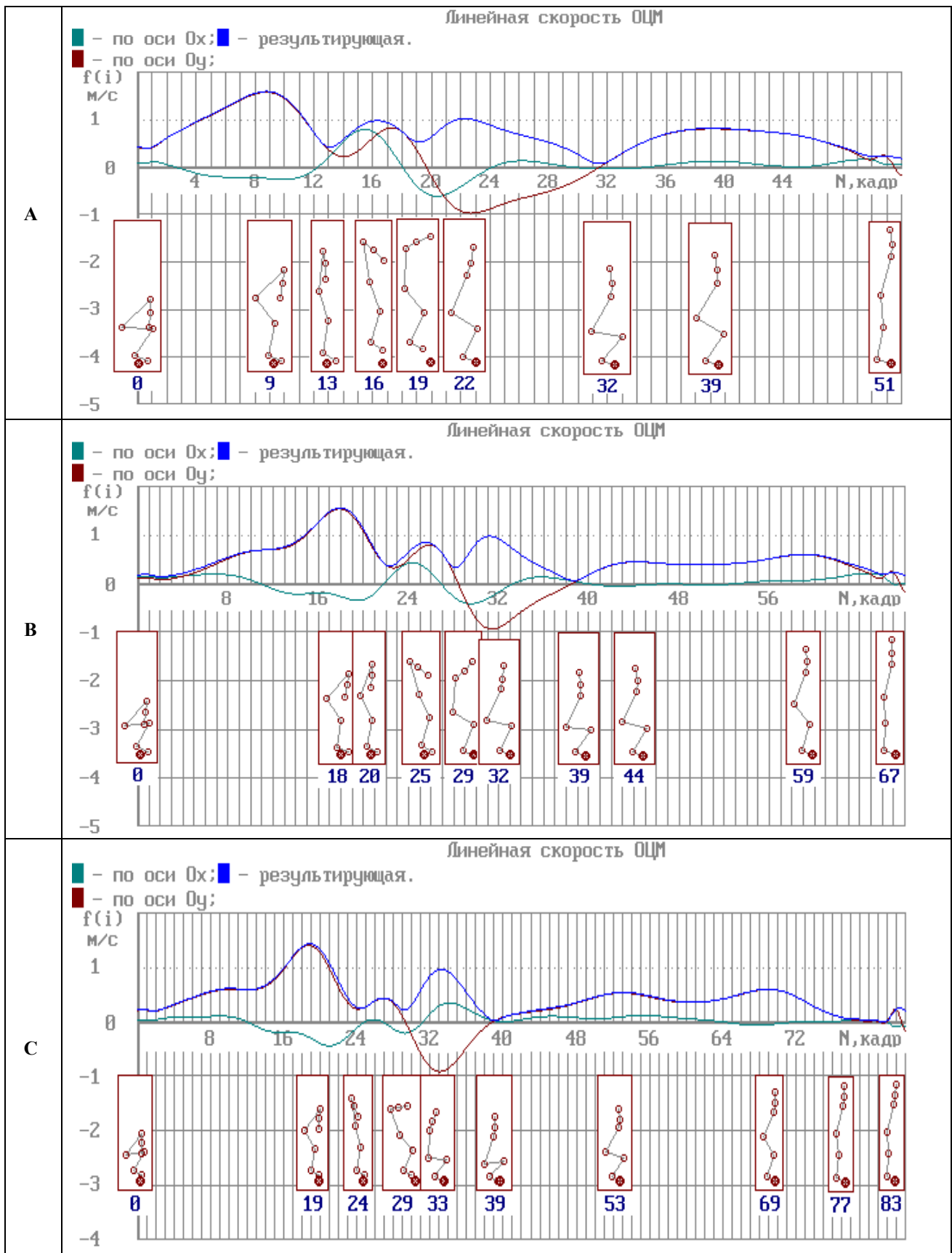
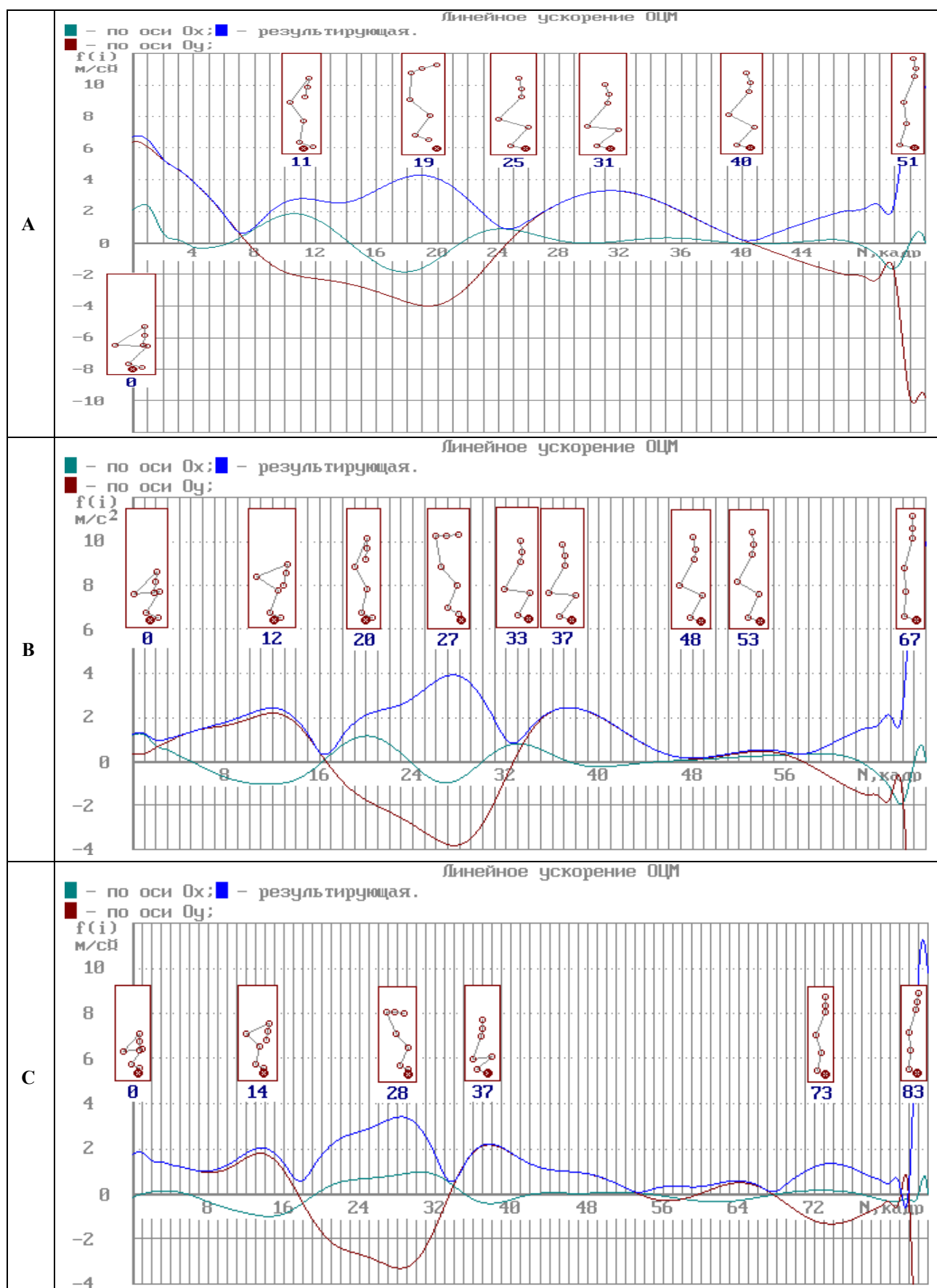


Рисунок 5.14 – Линейная скорость ОЦМ системы «штанга – спортсмен» при подъеме штанги весом 70 кг (А), 100 кг (В), 140 кг (С) в упражнении «Рывок»



**Рисунок 5.15 – Линейное ускорение ОЦМ системы «спортсмен – штанга» при подъеме штанги весом 70 кг (А), 100 кг (В), 140 кг (С) в упражнении «Рывок»**

Достижение ускорением нулевой отметки и переход в область отрицательных значений указывает на замедляющийся характер перемещения ОЦМ системы в вертикальном направлении.

Поэтому задача быстрого достижения максимальной скорости перемещения ОЦМ в вертикальном направлении вверх в рассматриваемой фазе движения не ставится. Основная двигательная задача в фазе «Ускоренный подъем» – придать инерционный импульс вертикального перемещения системе «спортсмен – штанга» с сохранением проекции ОЦМ системы в площади опоры.

Критерий граничного положения завершения фазы «Ускоренный подъем» – локальный экстремум кинетической энергии. Максимальная скорость перемещения ОЦМ системы «спортсмен – штанга» в вертикальном направлении вверх может сопровождаться и значительной горизонтальной составляющей результирующей линейной скорости, расшатывающей динамическое равновесие системы. Так как фактор вращательной составляющей перемещения рук, туловища, бедер, голени также оказывает дестабилизирующее влияние на устойчивость равновесия атлета и штанги, то показатель «Максимум кинетической энергии» системы в условиях сохранения устойчивого равновесия является корректным интегрирующим критерием граничного положения завершения фазы «Ускоренный подъем».

*Фаза «Замедленный подъем».* При поднятии штанги от минимального до среднего веса продолжительность фазы связана прямой зависимостью с весом поднимаемой штанги ( $0,344 \div 0,645$  с). Выраженной зависимости между продолжительностью фазы и весом штанги от среднего до максимального не наблюдается. Длительность фазы «Замедленный подъем» при подъеме штанги с максимальным весом (140 кг) составляет 0,688 с.

Критерий граничного положения завершения фазы «Замедленный подъем» – максимум кинетической энергии системы «спортсмен – штанга» во втором пике кинетической энергии стадии «Подъем». В стадии «Подъем» (при подъеме штанги среднего и максимального веса) выделяются два локальных пика максимума кинетической энергии. Первый пик,

как уже отмечалось, является обязательным элементом фазы «Ускоренный подъем». А второй пик в фазе «Замедленный подъем» не является обязательным для упражнения с минимальным весом, но присутствует в упражнении со средним и максимальным весом поднимаемой штанги.

Граничным положением завершения фазы «Замедленный подъем» является «Критическая точка» (таблица 5.18). В этой точке вторично наступает момент возможного схода системы «спортсмен – штанга» с траектории устойчивого динамического равновесия ввиду локального экстремума кинетической энергии, дестабилизирующего равновесное состояние системы.

Основная двигательная задача в фазе «Замедленный подъем» – преодолеть критическую точку дестабилизации равновесия и встать с удерживаемым весом в финишное положение с сохранением динамического равновесия.

Следует обратить внимание на равномерность разгибательного движения туловища. О равномерности разгибательного движения свидетельствует угловая скорость туловища, которая в периоде «Подъем» не превышает 0,8 рад/с, с колебаниями углового ускорения в пределах 0,8–3,0 рад/с<sup>2</sup>. Такая тонкая регулировка скорости разгибательного движения обеспечивает сохранение динамического равновесия. В этой фазе движения колебательные перемещения ЦМ штанги в горизонтальном направлении по оси  $Ox$  в упражнении с малым весом находятся в пределах 2–8 см (расстояние отсчитывается от крайней точки пальцев ног). Для среднего веса параметры колебания ЦМ штанги составляют 8–15 см, для максимального веса – соответственно 12–0 см, а в конечный момент фазы на 2 см выходят за пределы точки устойчивого равновесия. Чем больше вес, тем труднее сохранить динамическое равновесие.

В периоде «Подъем» спортсмен для минимизации силовой реакции на колебательные движения штанги и ее веса отводит руки несколько назад за плечевые суставы, располагая руки «встык» с плечевым поясом: угол между линией вертикальной проекции ЦМ штанги и руками составляет 10°–15°. В это время ЦМ штанги практически проектируется на ось плечевых суставов. Для сохранения динамического равновесия системы






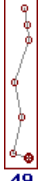
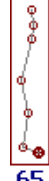
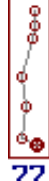
«спортсмен – штанга» штангист прикладывает минимальные мышечные усилия в плечевых суставах (в пределах 30 Нм), работая со штангой с малым весом. Как уже было отмечено ранее, сохранение равновесия при подъеме среднего веса сопровождается увеличением параметров колебания ЦМ штанги в горизонтальном направлении. Для нейтрализации отклонения штанги спортсмен прикладывает повышенные мышечные усилия в плечевых суставах в пределах 40–50 Нм по сравнению с упражнением с малым весом. Наиболее значительные мышечные усилия отмечаются при работе штангиста с максимальным весом (50–60 Нм). Такой минимальный уровень силового запроса необходим для обеспечения динамического равновесия системы «спортсмен – штанга» в периоде «Подъем». Его реализация, по-видимому, не требует специальной физической подготовки штангиста.

Если для плечевых суставов период «Подъем» не предъявляет повышенных требований к силовой подготовке штангиста, то для опорных звеньев необходимы специальные силовые упражнения, координирующие мышечные усилия в тазобедренных, коленных и голеностопных суставах, позволяющие повысить уровень силовых способностей штангиста и обеспечить надежный силовой каркас упражнения.


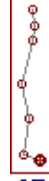
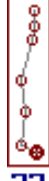
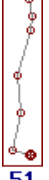
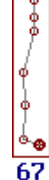
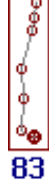
*Стадия «Равновесие».* Двигательная задача, решаемая спортсменом в стадии, – обеспечить устойчивое равновесие системы «спортсмен – штанга» в финишном положении в течение времени необходимого по правилам соревнований. Стадия «Равновесие» имеет две фазовые составляющие, решающие различные двигательные задачи: фаза «Коррекция» (таблица 5.19) и фаза «Фиксация» (таблица 5.20).

Принятие спортсменом финишного положения не означает завершение упражнения. Здесь еще могут возродиться или продолжать бушевать биомеханические вихри возможного схода системы «спортсмен – штанга» с траектории устойчивого равновесия. Поэтому спортсмену необходимо выполнить еще две фазы завершения соревновательного упражнения.

**Таблица 5.19 – Ориентация звеньев тела тяжелоатлета  
в граничных положениях фазы «Коррекция»  
в упражнении «Рывок»**

Фаза	Граничное положение	Вес штанги		
		А (70 кг)	В (100 кг)	С (140 кг)
Коррекция	Критическая точка	 96 <sup>0</sup> - руки 67 <sup>0</sup> - туловище 112 <sup>0</sup> - бедро 73 <sup>0</sup> - голень 161 <sup>0</sup> - стопа <b>47</b>	 90 <sup>0</sup> - руки 68 <sup>0</sup> - туловище 129 <sup>0</sup> - бедро 72 <sup>0</sup> - голень 159 <sup>0</sup> - стопа <b>59</b>	 87 <sup>0</sup> - руки 62 <sup>0</sup> - туловище 125 <sup>0</sup> - бедро 70 <sup>0</sup> - голень 155 <sup>0</sup> - стопа <b>69</b>
	Устойчивое равновесие	 96 <sup>0</sup> - руки 71 <sup>0</sup> - туловище 102 <sup>0</sup> - бедро 77 <sup>0</sup> - голень 161 <sup>0</sup> - стопа <b>49</b>	 90 <sup>0</sup> - руки 76 <sup>0</sup> - туловище 101 <sup>0</sup> - бедро 84 <sup>0</sup> - голень 159 <sup>0</sup> - стопа <b>65</b>	 85 <sup>0</sup> - руки 73 <sup>0</sup> - туловище 97 <sup>0</sup> - бедро 85 <sup>0</sup> - голень 155 <sup>0</sup> - стопа <b>77</b>
Амплитуда перемещения звеньев		0 <sup>0</sup> - руки 4 <sup>0</sup> - туловище -10 <sup>0</sup> - бедро 4 <sup>0</sup> - голень 0 <sup>0</sup> - стопа	0 <sup>0</sup> - руки 8 <sup>0</sup> - туловище -28 <sup>0</sup> - бедро 12 <sup>0</sup> - голень 0 <sup>0</sup> - стопа	-2 <sup>0</sup> - руки 11 <sup>0</sup> - туловище -28 <sup>0</sup> - бедро 15 <sup>0</sup> - голень 0 <sup>0</sup> - стопа

**Таблица 5.20 – Ориентация звеньев тела тяжелоатлета  
в граничных положениях фазы «Фиксация»  
в упражнении «Рывок»**

Фаза	Граничное положение	Вес штанги		
		А (70 кг)	В (100 кг)	С (140 кг)
Фиксация	Устойчивое равновесие	 96 <sup>0</sup> - руки 71 <sup>0</sup> - туловище 102 <sup>0</sup> - бедро 77 <sup>0</sup> - голень 161 <sup>0</sup> - стопа <b>49</b>	 90 <sup>0</sup> - руки 76 <sup>0</sup> - туловище 101 <sup>0</sup> - бедро 84 <sup>0</sup> - голень 159 <sup>0</sup> - стопа <b>65</b>	 85 <sup>0</sup> - руки 73 <sup>0</sup> - туловище 97 <sup>0</sup> - бедро 85 <sup>0</sup> - голень 155 <sup>0</sup> - стопа <b>77</b>
	Финишное положение	 95 <sup>0</sup> - руки 73 <sup>0</sup> - туловище 95 <sup>0</sup> - бедро 80 <sup>0</sup> - голень 161 <sup>0</sup> - стопа <b>51</b>	 89 <sup>0</sup> - руки 77 <sup>0</sup> - туловище 94 <sup>0</sup> - бедро 87 <sup>0</sup> - голень 159 <sup>0</sup> - стопа <b>67</b>	 81 <sup>0</sup> - руки 74 <sup>0</sup> - туловище 94 <sup>0</sup> - бедро 88 <sup>0</sup> - голень 155 <sup>0</sup> - стопа <b>83</b>
Амплитуда перемещения звеньев		-1 <sup>0</sup> - руки 2 <sup>0</sup> - туловище -7 <sup>0</sup> - бедро 3 <sup>0</sup> - голень 0 <sup>0</sup> - стопа	-1 <sup>0</sup> - руки 1 <sup>0</sup> - туловище -7 <sup>0</sup> - бедро 3 <sup>0</sup> - голень 0 <sup>0</sup> - стопа	4 <sup>0</sup> - руки 1 <sup>0</sup> - туловище -3 <sup>0</sup> - бедро 3 <sup>0</sup> - голень 0 <sup>0</sup> - стопа

Фаза «Коррекция». Двигательная задача этой фазы – обеспечить в финишном положении окончательную динамическую балансировку равновесного состояния системы «спортсмен – штанга», свести к нулю про-

странственно-временные характеристики упражнения в горизонтальной плоскости.

Граничное положение – «Устойчивое равновесие». В попытке выполнения спортивного упражнения достигнуто рабочее финишное положение спортсмена с незначительным отклонением по кинематическим показателям от соревновательного финишного положения, обусловленное динамикой прихода атлета в граничное положение «Устойчивое равновесие».

Критерий граничного положения минимальный, близкий к нулю уровень кинетической энергии системы «спортсмен – штанга» в финишном положении.

*Фаза «Фиксация».* Двигательная задача – обеспечить статическую устойчивость системы «спортсмен – штанга» в финишном положении соревновательного упражнения.

Граничное положение – «*Финишное положение*» – положение спортсмена, обусловленное правилами соревнований.

Критерий граничного положения – нулевой уровень кинетической энергии системы «спортсмен – штанга» в финишном положении.